

Sami Sorvoja

# Levyäisten betonirakenteiden jäykistuksen taulukkolaskenta- ja analyysiohjelman tulosten vertailu ja laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

14.04.2014

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Sami Sorvoja Levymäisten betonirakenteiden jäykistyksen taulukkolaskenta- ja analyysiohjelman tulosten vertailu ja laadunvarmistus 39 sivua + 10 liitettä 14.04.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t)	Sakari Kaustinen, DI Lehtori Mervi Toivonen
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy:lle. Työ toteutettiin kevään 2014 aikana yrityksen toimistolla Sipoossa.</p> <p>Analyysiohjelmien käytön lisääntyessä rakenteiden mitoituksessa, niiden antamiin tuloksiin tulisi voida luottaa, jotta suunnittelijat voivat suunnitella turvallisia rakenteita. Varsinkin kantaviin ja jäykistäviin rakenteisiin kohdistuvien kuormien pitää olla luotettavia, koska rakennuksen stabiilius riippuu näiden rakenteiden oikeanlaisesta toiminnasta. Analyysiohjelmistoilla luotujen analyysimallien toimivuutta testattiin vertailemalla niitä käsilaskentatuloksiin.</p> <p>Työn tavoitteena oli luoda esiohjelmoidut käsilaskentapohjat Excel-ohjelmistolla, joka on muunnettavissa erityyppisiin kohteisiin sopivaksi. Pohjien tarkoituksena oli saada aikaan nopea tapa määrittää erilaiset voimat käsiteltävässä rakennuksessa, jotka näin toimivat FEM-mallinnuksen apuvälineenä voimien suuruusluokkia tarkasteltaessa. Tavoitteena oli myös kehittää ohje FemData-ohjelmiston mallin mallintamiseen, jotta voimat käsilaskennan ja FEM-laskemien välillä olisivat yhdessä vertailtavia ja näin laskemissa hyväksi käytettävissä, mutta ohjeen luomisesta luovuttiin työn laajuuden takia.</p> <p>Analysointiohjelmalla mallintaminen vaati paljon käyttötunteja ja kun verrattiin taulukkolaskennan ja analysointiohjelman mallinnukseen mennyttä aikaa ja voimasuureiden suuruusluokkaa taulukkolaskenta osoittautui varsinkin esisuunnitteluvaiheessa nopeammaksi ja luotettavammaksi voimasuureiden arviointivälineeksi. Lopputyön päätelmäksi tuli, että analyysiohjelmilla ei saa riittävän luotettavalla tasolla vaakakuormista syntyvää pystysuuntaista lisäkuormaa betonisissa levyrakenteista saati sitten vaakakuormista aiheutunutta jäykistävien seinien vaakasaumoihin syntynyttä leikkausvoimaa. Ainoastaan pystysuuntaiset kuormat analyysiohjelmista saatiin analysoidua luotettavalla tavalla ja ne olivat vertailtavissa taulukkolaskennan kanssa. Lopuksi päätettiin, että esisuunnittelun aikana pystysuuntaiset kuormat määritetään analyysiohjelmalla mallintamalla ja lisäkuormat sekä leikkausvoimat otetaan laskentataulukosta. Työssä analysoitiin myös yksinkertaisia rakenteita ja rakennemalleja, joilla havainnollistettiin, miten eri tavalla analysointiohjelma laskee voimasuureet verrattuna perinteisillä laskentamenetelmillä varustettuun taulukkolaskentaan.</p>	
Avainsanat	Jäykistys, Analysointi ohjelmat

Author(s) Title Number of Pages Date	Sami Sorvoja Comparison and quality assurance of the stiffening wall results between spreadsheet and analyzing programs 39 pages + 10 appendices 14 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Structural Engineering
Instructor(s)	Sakari Kaustinen, DI Mervi Toivonen, Senior Lecturer
<p>This thesis was made for Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy, a company which has specialized in structural engineering. The thesis was written in the spring 2014 at the company's office located in Sipoo, Finland.</p> <p>The use of analyzing programs in structural designing has increased and designers have to be able to trust on the results taken from the model to design safe structures. Especially the loads upon bearing and stiffening walls must be reliable because the stability of the building depends on the correct functioning of the structures. Functioning of the models created with analyzing programs was tested by comparing the results to spreadsheet results.</p> <p>The objective of this thesis was to create different kind of spreadsheets on Microsoft Excel which are transformable for different kind of projects. The idea was to create a fast and efficient way to determine the forces and reactions that are caused by self-weight, wind, snow etc. These results are a huge help when the calculation model of the project is created and analyzed. The results from spreadsheets help us compare the results together and to evaluate that are the results gotten from the model reliable. There was also an another objective in this thesis which was to create a manual for creating the Fem Data analyzing model, but it was dropped because of the scale of this thesis.</p> <p>Analyzing and modeling was time consuming and the consumed time and the results were compared between analyzing program and spreadsheet methods. Spreadsheets were a more reliable and faster way to get the results for approximation especially during pre-design phase. The final conclusion was that analyzing programs are not reliable enough to give stress analysis or vertical reactions from slaps of concrete caused by horizontal loads let alone the horizontal shear stress between the joints of the stiffening walls. Only the vertical loads were reliable and comparable enough to results gotten from spreadsheets. Finally we decided that during the pre-design phase the vertical reactions will be taken from the analyzing program and the horizontal stress and added reactions caused by horizontal loads will be taken from spreadsheets. Simple structures were also analyzed just to describe how differently the analyzing program calculates and gets the results compared to spreadsheets which are made using traditional calculation methods.</p>	
Keywords	Stiffening, Analyzing programs

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kohteen lähtötiedot	1
2.1	Suunnitteluperusteet	2
2.2	Kuormat ja osavarmuuskertoimet	3
3	Jäykistäminen	6
3.1	Jäykitysjärjestelmät	6
3.1.1	Mastojäykitys	6
3.1.2	Kehäjäykitys	9
3.1.3	Levyjäykitys	9
3.1.4	Ristikkojäykitys	9
3.2	Jäykistyksen suunnittelu	10
3.3	Esimerkkikohteen jäykitys	11
4	Mitoittavat arvot ja periaatteet	12
4.1	Lumikuorman laskenta	13
4.2	Tuulikuorman laskenta	14
4.3	Vinouden aiheuttama lisävaakavoima	17
4.4	Seinäkohtaisen kuormituksen laskenta	19
4.4.1	Kuorma aiheuttaa rakenteeseen kiertymää	20
4.4.2	Kuormitus ei aiheuta kiertymää	21
4.5	Kuormat jakavan levykentän luominen	22
4.6	Vaaka- ja pystysiteet	24
5	3D-analyysilaskelmat	24
5.1	Analyysiohjelmat	26
5.2	Analyysityypit	28
5.2.1	Staattinen analyysi	28
5.2.2	Dynaaminen analyysi	28
5.2.3	Lineaarinen analyysi	28
5.2.4	Epälineaarinen analyysi	29
5.3	FEMDATA-ohjelmisto	29



5.4	Kohteen mallinnus	30
6	Tulokset	32
6.1	Pystysuuntaiset kuormat	33
6.2	Vaakasuuntaiset kuormat	33
7	FEM-yhteenveto	36
8	Yhteenveto	37
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1 Esimerkkikohteen pohjapiirros	
	Liite 2. Tuulikuorman laskenta	
	Liite 3. Lumikuorman laskenta	
	Liite 4. Lisävaakavoiman laskenta pystykuormien avulla	
	Liite 5. Seinille aiheutuvien Y- suuntaisten vaakakuormien laskenta, 7.krs – 0. krs	
	Liite 6. Seinille aiheutuvien X- suuntaisten vaakakuormien laskenta 7.krs – 0. krs	
	Liite 7. Esimerkki laskenta seinäkohtaisista pystykuormista	
	Liite 8. Seinien yksinkertaistetun pilarimallinnuksen tulokset, seinät S1- S16	
	Liite 9. Seinien yksinkertaistetun pilarimallinnuksen tulokset, seinät S17- S25	
	Liite 10. Yksinkertaisen rakenteen tulokset laatan ja seinien toiminnasta	

## Lyhenteet

FEM          Finite Element Method. Lujjuuslaskenta- ohjelmistoista käytettävä nimitys.

## 1 Johdanto

Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy on pääosin rakennesuunnittelua harjoittava yritys, jonka työt koostuvat enimmäkseen kerrostalojen, koulu- ja teollisuuskiinteistöjen uudis-, korjausrakennus- ja muutostöistä. Suunnittelussa on ollut puu-, teräs- ja betonirakenteisia rakennuksia, mutta suurin osa rakennuksista on kuitenkin betonirakenteisia.

Kohteiden rakennelaskelmien tuotto 3D-ohjelmistolla on aikaa vievää ja niiden antamien tuloksien tulisi olla luotettavia, jotta niitä voitaisiin hyödyntää rakenteiden tuoteosien suunnittelussa. Erityisesti levymäiset betonirakenteet ovat tuottaneet ongelmia mallintamisessa, koska saadut tulokset ovat epähavainnollisia, vaikeasti tulkittavia ja joskus jopa osin virheellisen oloisia ohjelmistojen erityisominaisuuksien takia. Tämän ristiriidan takia haluttiin kehittää Microsoft Excel -ohjelmalla laskentapohjat rakenteiden kuormien ja jäykistyksen laskentaa varten, joiden avulla voidaan nopeasti vertailla saatuja tuloksia FEM-mallin antamiin tuloksiin ja käyttää sitä osa- ja luonnossuunnittelun työkaluna. Kehitystyöpohjana on esimerkkikohde, joka on suunniteltu ns. B-normistolla, jolloin samalla voidaan tehdä normistojen välistä vertailua yrityksen sisäiseen käyttöön.

## 2 Kohteen lähtötiedot

Kehitystyön pohjana käytettävä esimerkkikohde sijaitsee Vantaan Satomäessä. Kohde on 8-kerroksinen tiiliverhoiltu betonielementtirakennus, jossa on IV-konehuone katolla. Laskelmien yksinkertaistamiseksi tässä työssä jokainen kerros oletetaan samankaltaiseksi, mutta lopputuloksena syntyvät käsilaskentapohjat on kuitenkin muutettavissa jokaiselle kerrokselle erikseen kerroskohtaisesti, jotta saataisiin tarkempia ja helpommin luettavia dokumentteja kohteen laskelmista. 8-kerroksinen rakennus edustaa korkeinta A-luokassa suunniteltavaa rakennusta ja antaa näin hyvin kuvaa voimasuureiden jakautumisesta tämän kokoisessa rakennuksessa. Vaikka kyseessä on pistetalo, kuvastavat esimerkkilaskennat hyvin tyypillisen isomman rakennuksen liikuntasauvälän laskennan tuloksia.

Jäykistys on toteutettu ylhäältä alas perustuksiin kiinnittyvillä jäykistävillä seinillä, jotka kuljettavat rakenteisiin kohdistuvat vaakakuormat kallionvaraisille perustuksille. Vain omia kuormia siirtäviä ei-kantavia seiniä ei mallinneta tarkasteltavaan malliin, mutta ne

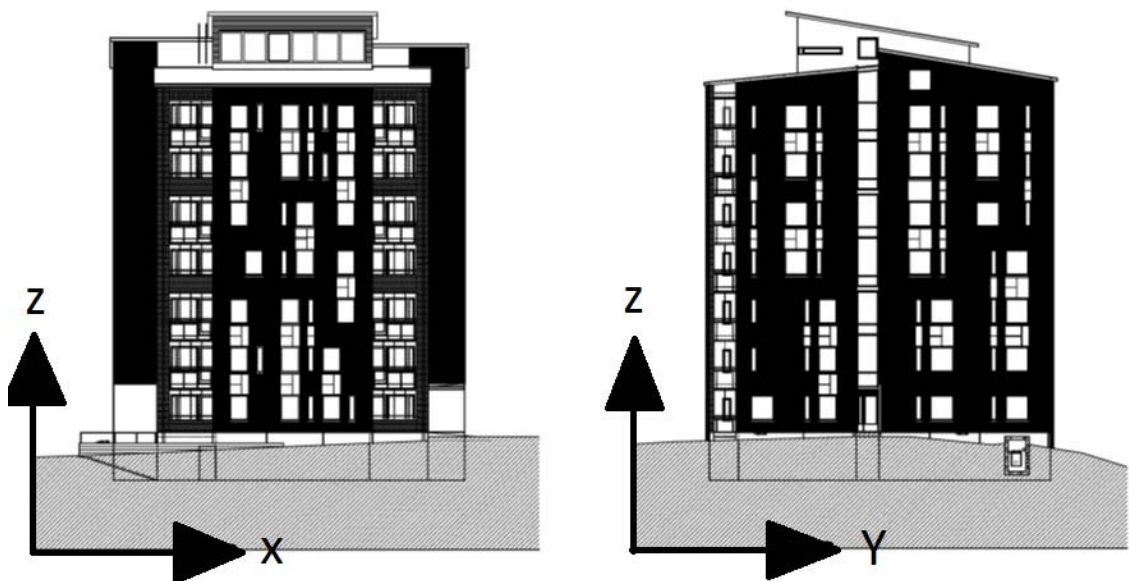
kuuluvat olennaisesti rakennuksen rakennejärjestelmään ja suunniteltaessa perustuksia nämä tulisi mallintaa.

Käyttöluokaltaan rakennus sijoittuu suunnittelun vaatimusluokkaan A, jotka ovat käyttötarkoitukseltaan asuin- ja majoitustiloja. Käyttöluokka määrittelee rakennukseen kohdistuvien höytykuormien suuruusarvoja, joista voi lukea enemmän luvusta 2.2. Rakennus kuuluu seuraamusluokkaan CC2, joka johtaa kuormakertoimen arvoon  $K_{FI} = 1.0$ . [4, s.37 ja s.52.] Rakennuksen mitat:

Korkeus (h): 27,3 m

Leveys (b): 21,8 m

Syvyys(d): 21,1 m.



Kuva 1. Vasemmalla puolella on esitetty rakennuksen eteläpuolen kylki johon kohdistuu X-suuntainen vaakavoima ja oikealla puolella rakennuksen itäpuolen julkisivu, johon kohdistuu Y-suuntainen vaakavoima.

## 2.1 Suunnitteluperusteet

Rakennuksen ja laskentaohjelman suunnittelussa on käytetty lähtötietoina rakenteiden suunnitteluun käytettävää eurokoodinormistoa. Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden

suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja, jotka koostuvat 58 erilaisesta osasta, josta kukin on tarkoitettu erilaisten rakenteiden suunnittelun apuvälineeksi. Suunnittelunormeissa on erilaisia varmuuden määrittämiseen tarkoitettuja periaatteita. Käytävissä on myös eurokoodin lisäksi kansallisia liitteitä, jotka ovat eurokoodin ns. lisäosia, joilla saadaan normisto toimimaan maantieteellisesti erilaisissa paikoissa. Tässä työssä on käytetty suunnitteluun eurokoodinormistoja:

- SFS EN 1990- Rakenteiden suunnitteluperusteet
- SFS EN 1991-1-1- Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat
- SFS EN 1991-1-3- Yleiset kuormat. Lumikuormat
- SFS EN 1991-1-4- Yleiset kuormat. Tuulikuorma
- SFS EN 1991-1-6- Yleiset kuormat. Toteuttamisenaikaiset kuormat
- SFS EN 1991-1-7 Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat
- SFS EN 1992-1-1- Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

## 2.2 Kuormat ja osavarmuuskertoimet

Rakennukseen kohdistuvat kuormat jakautuvat kahteen eri ryhmään: pystysuuntaisiin ja vaakasuuntaisiin kuormiin. Pystysuuntaisesti vaikuttavat kuormat koostuvat rakenteiden omapainosta, maantieteellisen sijainnin, sekä katon erilaisten ominaisuuksien määräämien kertoimien synnyttämästä lumikuormasta, tilojen käyttötarkoituksen mukaisista hyötykuormista ja mahdollisista tekniikan aiheuttamista pysyvistä kuormista. Lumikuorman ominaisarvon määrittää pääkaupunkiseudun rakennusvalvontojen yhteinäistämiskäytännössä kehitetty PKS-kortti, jolla lumikuormalle määrätään korkeampi ominaisarvo kuin kansallisessa liitteessä on määritetty. Näitä kuormia pyritään ohjaamaan suunniteltuja rakenteita pitkin maapohjaan ilman, että vaarannetaan itse rakenteiden eheyttä, ihmisten turvallisuutta ja rakennuksen stabiiliutta.

Omapainosta aiheutuvat kuormat laskelmissa on merkitty käyttörajatilanteessa  $g_{1k}$  ja  $g_{2k}$  ja hyötykuormat on merkitty  $q_{1k}$  ja  $q_{2k}$  [6, s. 30].

Rakennukseen kohdistuvat pystysuuntaiset kuormat:

- Rakenteiden omapaino  $g_k$
- Hyötykuorma välipohjille  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Hyötykuorma portaissa  $q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$
- Hyötykuorma parvekkeilla  $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Alueellinen lumikuorma  $s = 2,2 \text{ kN/m}^2$ .

Vaakasuuntaiset kuormat koostuvat maastomuodon ja maantieteellisen sijainnin määrittämästä tuulikuormasta, rakenteiden vinoudesta, mittaepätarkkuuksista johtuvasta lisävaakavoimasta ja maanpaineikuormasta. Näiden kuormien vastaanottamiseksi rakennukseen sijoitetaan jäykistäviä rakenteita, joiden tehtävänä niin ikään on kuljettaa niille kohdistuvat voimat maaperään asti. Kuormien tarkemmat arvot ja laskentaperusteet ovat nähtävissä liitteessä 2, 3 ja 8.

- Tuulikuorma tuulensuuntaan Y  $q_w = 0,82 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- Tuulikuorma tuulensuuntaan X  $q_w = 0,81 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
- Lisävaakavoima suuntaan Y, Katto  $H_{qky} = 3,6 \text{ kN}$   
 $H_{qky} = 2,3 \text{ kN}$
- Lisävaakavoima suuntaan X, Katto  $H_{qkx} = 3,6 \text{ kN}$   
 $H_{qkx} = 2,2 \text{ kN}$
- Lisävaakavoima suuntaan Y, 1.- 7.krs  $H_{qky} = 9,1 \text{ kN/kerros}$   
 $H_{qky} = 1,47 \text{ kN/kerros}$
- Lisävaakavoima suuntaan X, 1.- 7.krs  $H_{qkx} = 8,9 \text{ kN/kerros}$   
 $H_{qkx} = 1,44 \text{ kN/kerros}$
- Lisävaakavoima suuntaan Y, Kellari  $H_{qky} = 21,1 \text{ kN}$   
 $H_{qky} = 1,15 \text{ kN}$
- Lisävaakavoima suuntaan X, Kellari  $H_{qkx} = 20,6 \text{ kN}$   
 $H_{qkx} = 1,12 \text{ kN}$ .

Eurokoodin ideana on, että suunnittelemalla, toteuttamalla ja valvomalla eurokoodin määrittelemillä standardimenetelmillä taataan kestävä, käyttökelpoinen, turvallinen ja säilyvä rakenne. Eurokoodin suunnitteluohjeissa erilaisille rakenteille on määritetty omat seuraamusluokkansa, joita on määritetty meillä kolme erilaista: CC1, CC2 ja CC3. Yksinkertaisesti kuvattuna CC1 tarkoittaa vähäisiä seuraamuksia ihmishenkien menetysten, taloudellisten tai sosiaalisten vahinkojen tai ympäristövahinkojen takia, kun taas CC2 tarkoittaa keskisuuria seuraamuksia ja CC3 suuria. Tässä haarukassa asuinrakennus sijoittuu keskisuureen luokkaan eli CC2 luokkaan. [4, s.24.]

Seuraamusluokat ovat myös ns. luotettavuusluokkia, jonka takia niille jokaiselle on luotu oma kertoimensa laskelmiin vähentämään inhimillisen virheen mahdollisuuksia ja tuoteosien eheyksiä. Luotettavuusluokka määräytyy suoraan seuraamusluokan mukaan, jokaiselle rakennuksen osalle, mikäli rakennuksen osat ovat erilaisia ja toisistaan riippumattomia. Luotettavuusluokkien vastaavuudet ja niiden osoittamat  $K_{FI}$ -kuormakertoimet on kirjattu alla sijaitsevassa listassa [4, s. 24.]:

- $CC1 = RC1 \rightarrow K_{FI} = 0,9$
- $CC2 = RC2 \rightarrow K_{FI} = 1,0$
- $CC3 = RC3 \rightarrow K_{FI} = 1,1$ .

Varmuuskertoimet on tarkoitettu rakenteiden mitoituksessa murtorajatilan laskentaa varten, jossa kiinteiden kuormien varmuuskertoimena käytetään arvoa 1,15, silloin kun eri kuormia yhdistetään. Yhdistelyä tehdessä kuitenkin pitää tarkistaa pelkästään kiinteiden kuormien varmuuskertoimella kerrottu kuorma, joissa käytetään varmuuskertoimena arvoa 1,35. Hyötykuormien varmuuskertoimena käytetään arvoa 1,5. Aikaisemmassa suunnitteluohjeessa kiinteiden kuormien murtorajatilalaskennassa käytettiin arvoa 1,2 ja hyötykuormien käytettiin arvoa 1,6.

Rakennuksen käyttötarkoitus määrittää sen käyttörajatila sekä murtorajatila laskelmissa käytettävien yhdistelykertoimien  $\psi$  suuruuden. Kukin kerroin on tarkoitettu käytettäväksi erilaisessa laskennassa, kuten käyttörajatilan ja murtorajatilan yhdistelmissä. Suomessa käytettävät eurokoodin mukaiset yhdistelykertoimet on määritetty Suomen kansallisessa liitteessä [14, s.2.] . Erilaisia yhdistelykertoimia löytyy rakennuksen eri käyttötarkoituksille, tuulikuormille, lumikuormalle, jään aiheuttamille kuormille ja jopa rakennuksen sisäisen lämpötilan aiheuttamille vaikutuksille löytyy yhdistelykertoimet.

Yhdistelykertoimia käytetään, kun kuormittavia hyötykuormia on enemmän kuin yksi. [4, s. 35- 38.]

Varmuuskertoimien sekä yhdistelykertoimien käyttämisen tarkoituksena oli selvittää murtorajatilassa sekä käyttörajatilassa kuormia yhdistelemällä mitoittava kuormitustaus tarkasteltavalle rakenteelle.

### 3 Jäykistäminen

Jäykistävien seinien tarkoituksena on ottaa vastaan rakennukseen kohdistuvat vaakakuormat, jotka siirtyvät seinien kautta perustuksiin ja edelleen maaperään. Jäykistys voidaan toteuttaa rakennuksissa monella eri tavalla, joista valitaan aina kohteeseen sopivin vaihtoehto. [11.]

#### 3.1 Jäykitysjärjestelmät

Jäykitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat mm. rakennuksen kokoluokka, sen käyttötarkoitus ja käyttötarkoituksen muunneltavuus, itse rakennejärjestelmä, mistä rakennus kootaan, rakentamisen kustannustehokkuus ja myös arkkitehtuuri. Jäykitysjärjestelmät pystytään jakamaan viiteen erilaiseen ryhmään, joista vain yhdessä on useampia toisistaan poikkeavia toteutusvaihtoehtoja. Jäykistys voidaan toteuttaa masto-, kehä-, levy- ja ristikkojäykistykseenä ja näiden eri jäykistystapojen yhdistelmillä. Kussakin järjestelmässä on omat hyvät puolensa, joiden takia niitä käytetään tietyntyylisissä kohteissa niiden erityisominaisuuksien takia. [11, s. 13.]

##### 3.1.1 Mastojäykitys

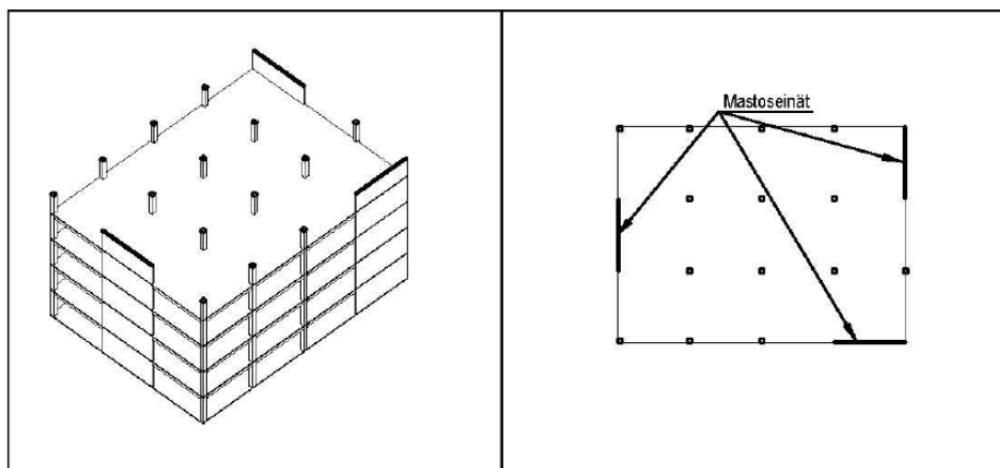
Mastojäykistys voidaan toteuttaa mastopilarein, -seinin tai jäykistystornein. Mastojäykistyksessä jäykistävät seinä-, pilarilinjat tai jäykistystornit nousevat pääsääntöisesti perustoista ylös asti ja toimivat näin ulokepalkin tavoin vaakavoimien kuormittaessa rakennusta.

Mastoseinäjäykistyksessä seinäelementit liitetään yhteen niin, että niiden vaakaseinät pystysaumot kestävät niihin kohdistuvat voimat. Seinä pyritään suunnittelemaan niin,



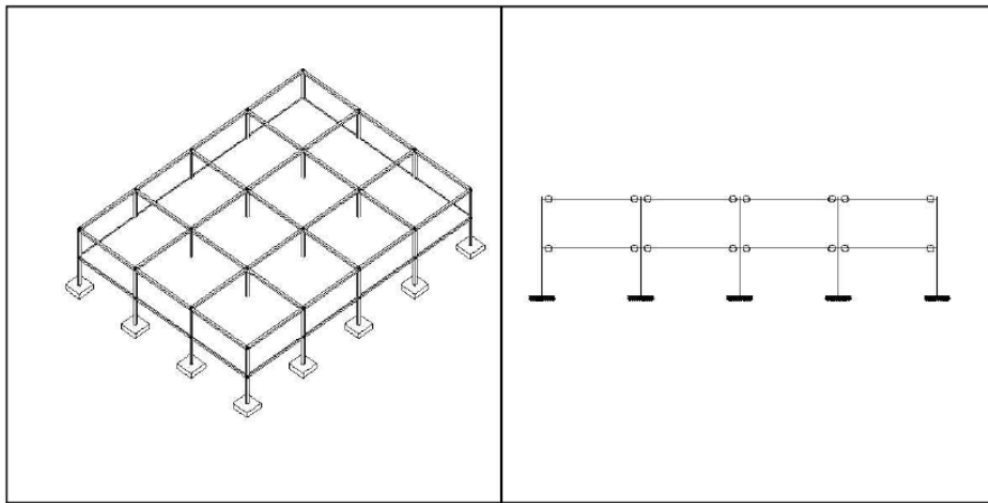
että siihen kohdistuu koko ajan puristusta, eikä vetorasitusta. Tuulen, lisävaakavoiman ja maanpaineen aiheuttama vaakakuorma pyrkii työntämään seinää kumoon, mutta seinien stabiiliutta kompensoidaan muiden seinien omapainolla, jotka toimivat jäykistävien seinien päiden painona estäen näin vetorasituksen syntymistä. Mikäli seinään kuitenkin syntyy vetoa muiden seinien painosta huolimatta, seinä täytyy ankkuroida niin, että syntyvät vetovoimat siirtyvät maapohjaan asti. Asuinkerrostalorakentamisessa nämä ovat yleensä erikoistapauksia, joita tulee pyrkiä välttämään jo suunnittelun alkuvaiheessa, mutta jos vetoa kuitenkin syntyy, veto kumotaan perustuksiin kytketyillä vetoankkureilla, jotka yleensä injektoidaan kallioon. Vetorasituksia esiintyy yleisesti toimisto- ja liikerakennuksissa, joissa jäykistäviä mastoseiniä esiintyy yleisesti vähän, mutta asuinrakenteissa mastoseiniä on paljon enemmän, jolloin vetorasituksen syntyminen jäykistävissä rakenteissa on harvinaisempaa. [11, s.13.]

Mastoseinäjäykistyksen hyviä puolia ovat seinien pieni tarvittava lukumäärä niiden suuren jäykkyyden ansiosta. Jäykistävät seinät ottavat kaiken vaakakuorman vastaan, jonka takia muut seinärakenteet voidaan pitää kohtuullisen kokoisina, esimerkiksi vain omapainon kantavat seinät voidaan toteuttaa yksinkertaisempina. Sen toteutettavuus on tehokasta ja se toimii korkeissakin rakennuksissa toisin kuin mastopilarijäykistys, jonka käytettävyys on rajallinen siirtymien aiheuttamista rajoitteista johtuen. Arkkitehtuurin rajoittaessa seinien pituutta ja määrää voidaan kohdata ongelmia seinien kapasiteetin ollessa lähellä kokonaiskapasiteettia, joka saattaa aiheuttaa ongelmia myös saumojen/ liitosten mitoituksessa ja toteutuksessa. [11, s.15.]



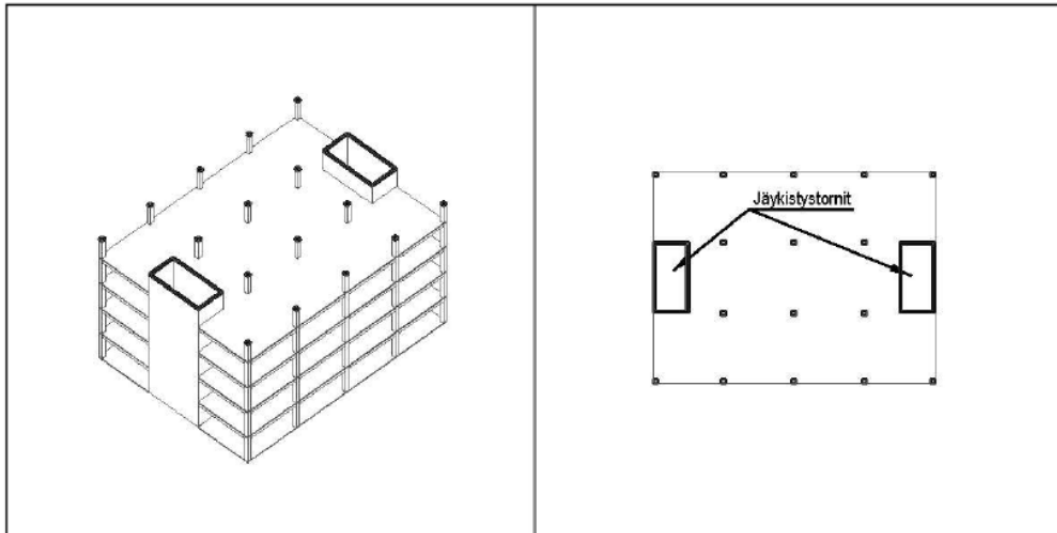
Kuva 2. Mastoseinäjäykistyksen periaate [11,s.15.]

Mastopilarijäykistyksessä vaakakuormat siirretään pilareille aivan samalla tavalla kuin mastoseinäjäykistyksessäkin pilareiden jäykkyyksien suhteessa tasorakenteiden avulla. Palkkien ja pilareiden väliset liitokset ovat nivelellisiä, jossa pilareille ei syntyisi vääntöä palkeille kohdistuvasta kuormasta. Rajoituksena mastopilarijäykistyksessä on rakennuksen korkeus, koska muuten pilareiden poikkileikkaukset kasvavat liian suuriksi ja siirtymien hallinta vaikeutuisi. Pilareihin kohdistuu suuri määrä voimia, jonka takia niihin sijoitettavan teräsmäärä on suuri. Pilareiden ominaisuuksiin kuuluu voimien keskittäminen pienelle alueelle, mikä johtaa suurempiin perustuksiin.



Kuva 3. Mastopilarijäykistuksen periaate [11,s.14.]

Jäykistystornit on suunniteltu korkeisiin rakennuksiin, ottamaan vastaan suuria määriä vaakakuormia. Jäykistystornit koostuvat monesta seinästä ja niiden liitokset ovat jäykkiä, jotta ne toimisivat mahdollisimman monoliittisesti ja siirtäisivät voimia yhtenäisenä rakenteena. Toimisto- ja liikerakennuksissa hissi- ja porraskuilut toimivat tällaisina jäykistävinä torneina. [11, s.15.]



Kuva 4. Jäykistystornin periaate [11,s.18.]

### 3.1.2 Kehäjäykistys

Kehäjäykistyksessä pilareiden ja palkkien liitokset ovat jäykkiä tai osittain jäykkiä ja toimivat kehänä ottaen vaakavoimat vastaan. Alapään kiinnitys voidaan toteuttaa taas joko nivelellisenä tai jäykkänä. Ongelmana on rajoittava elementtitekniikka, jonka takia kehäjäykistäminen on vaikeampaa kuin paikalla valetuissa rakennuksissa. Osittain jäykkissä rakenteissa siirtymien hallinta on vaikeaa ja ne ovat huomattavasti suurempia kuin levyjäykistyksessä esiintyvät siirtymät. Jäykistykseen voi yleensä toteuttaa vain toiseen suuntaan kehäjäykistykseenä, mutta toinen suunta täytyy yleensä jäykistää vino-tuin tai levyseinin. [11, s.18- 19.]

### 3.1.3 Levyjäykistys

Levyjäykistyksessä on paljon samankaltaisuuksia kuin mastoseinäjäykistyksessäkin, mutta siinä jäykistävien seinien sijainti on aika vapaa, kunhan ne ottavat vaakakuorman vastaan ja kuljettavat niille kerääntyvät voimat perustuksille tasojen avulla. Tämä järjestely saattaa johtaa hankaliin liitosratkaisuihin. [11,s. 20.]

### 3.1.4 Ristikkojäykistys

Ristikkojäykistys on levyjäykistykseen toimintaperiaatteen kaltainen, jossa voimien siirto toimii puristus- ja vetosauvoilla. Ristikkojäykistys voidaan toteuttaa kahdella erilaisella

tavalla, joissa ensimmäisessä jäykistysristikko on osa pystykuormia kantavaa rakennetta ja toisessa jäykistysristikko on kokonaan erillinen osa.[11,s.21.]

### 3.2 Jäykistykseen suunnittelu

Jäykistystä suunniteltaessa on huomioitava rakennusosien riittävä kestävyys erilaisissa kuormitustapauksissa, joissa osien ja liitosten kestävyyskapasiteetti ei ylity. Rakennusosien muodonmuutokset ja siirtymät eivät saa ylittää niille määritettyjä sallittuja rajoja, jotka aiheutuisivat liiallisesta kuormituksesta. Staattinen tasapaino tulee olla riittävä eli seinät eivät saa kaatua tuulen ja vinouden aiheuttaman lisävaakavoiman aiheuttamasta voimasta. Seinien pysty- ja vaakaliitokset on suunniteltava niin, että ne pystyvät siirtämään voimat erillisille seinille aivan kuin ne olisivat yhtä yhtenäistä seinää.

Jäykistykseen mitoitus toteutetaan käyttörajatilassa ja murtorajatilassa. Käyttörajatilassa mitoitetaan kaikki asiat, jotka liittyvät rakennuksen normaaliin käyttöön, rakennuksen käyttömukavuuteen ja sen ulkonäköön. Käyttörajatilassa suunnitellaan seuraavia asioita:

- Siirtymät, jotka vaikuttavat rakennuksen ulkonäköön
- Värähtelyt, jotka vaikuttavat käyttömukavuuteen
- Halkeamaleveyden ja viruman rajoittaminen, jotka vaikuttavat rakennuksen ulkonäköön.

Murtorajatilassa mitoitetaan kaikki rakenteet, jotka vaikuttavat rakennuksen käytön turvallisuuteen. Murtorajatilassa mitoitettavat asiat:

- Jäykän kappaleen tai sen osan stabiilius
- Rakenteen tai sen osan stabiiliuden menetys
- Ajan kanssa tuleva vaurioituminen esim. väsyminen ym.
- Siirtymätilat
- Staattinen tasapaino.

Asennustilanteen mitoituksessa tulee ottaa huomioon asennuksen aikaiset kuormat, mutta kumminkin niin, että turhia tuentoja asennusaikana ei tarvittaisi. Asennusjärjestys

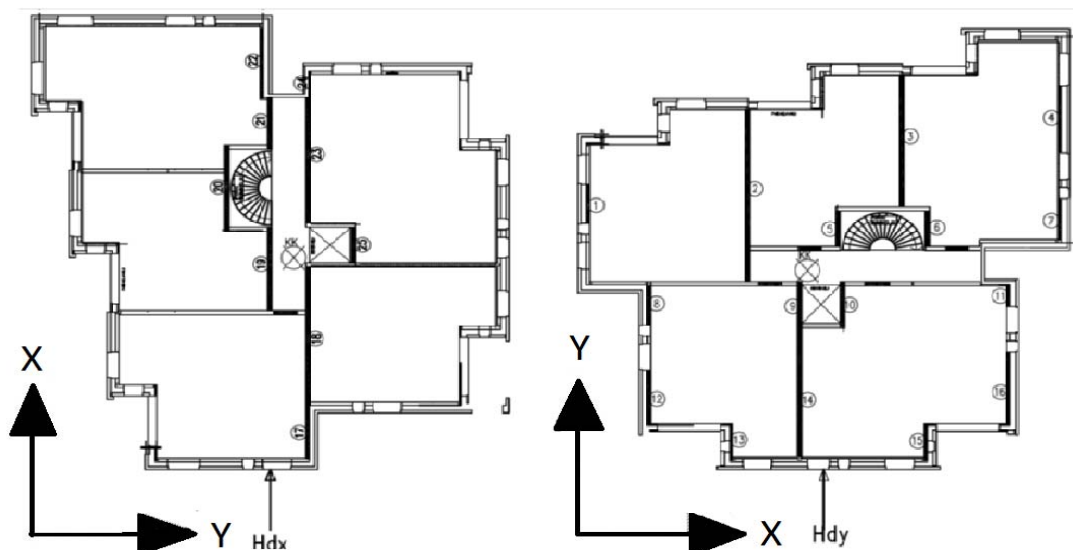
tulee suunnitella niin, että rakennus pysyy pystyssä ja turvallisena koko asennustyön ajan. Jäykistävät osat tulee asentaa ensin, jotta ne voisivat ottaa asennustyönaikana syntyneitä ylimääräisiä kuormia, jonka jälkeen asennetaan jäykistäviin rakenneosiin tukeutuvat rakenneosat ja viimeisenä vasta ei kantavat rakenneosat. Asennuksen aikainen jäykistysjärjestelmä voi poiketa rakennuksen lopullisesta jäykistysjärjestelmästä.

Onnettomuustilanteissa, joissa suuri yhtäkkinen kuorma kohdistuu rakennusosaan, jonka kantavuus ja kuormituksen sietokyky ylittyy, tulee mitoittaa onnettomuuskuormille. Jatkuvan sortuman tapahtuma on estetty tähän sopivilla siteillä, joilla on pyrittävä varmistamaan rakennuksen stabiilius eri tilanteissa.

### 3.3 Esimerkkikohteen jäykistys

Rakennuksen jäykistys on toteutettu mastoseinäjäykistykseenä. Hissikuilu muodostaa jäykistävän rakenteen, joka on osa jäykistävää rakennetta, mutta pääosa jäykistys kapasiteetista tulee kuitenkin kohteen HVS- ja ulkoseinien jäykistysvaikutuksesta. Kerrosten ontelolaatat toimivat oikein toteutetuilla raudoituksilla ja saumavaluilla yhtenäisenä levyrakenteena. Muodostuneet yhtenäiset laatat siirtävät rakennukseen kohdistuvat vaakavoimat seinille jäykkyyksien suhteessa ja edelleen perustuksille. Jos kerroskohtaisessa jäykistyksessä on eroja, esimerkiksi seinät vaihtavat paikkaa kerroksissa, jakautuu kerrokselle kohdistuva kuorma uudelleen tämän jäykän levyn avulla.

Tuulen kohdistuessa pidempää sivua vasten jäykistävinä seininä toimivat seinät 1- 16, jotka näkyvät kuvassa 5 oikealla puolella. Tuulen kohdistuessa lyhyempää sivua vasten jäykistävinä seininä toimivat 17- 25, jotka näkyvät alapuolella näkyvässä kuvassa vasemmalla puolella.



Kuva 5. Vasemmalla puolella esitetty, vaakavoiman resultantin kohdistuminen tuulensuuntaan X ja oikealla puolella resultanttivoima kohdistuu tuulensuuntaan Y. Jäykistävät seinät kyseiseen tuulensuuntaan kummassakin kuvassa mustattu ja numeroitu. Jäykistävien seinien numerointi löytyy myös liitteestä 1.

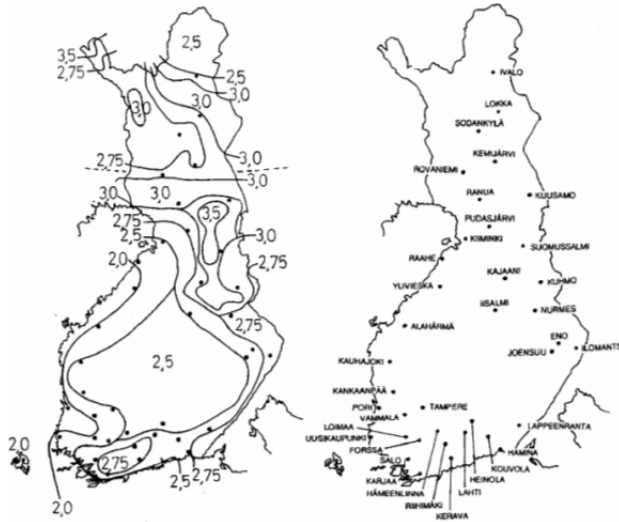
Seinät ottavat voimia vastaan niiden jäykkyyksien suhteessa. Seinät ovat kaikki samankorkuisia, mutta seinien paksuus vaihtelee. Paksummat ja voiman pituussuunnassa pidemmät seinät ottavat vastaan enemmän vaakavoimia kuin ohuemat ja lyhyemmät seinät. Kohteessa Y-suuntaan prosentuaalisesti suurimman osan tuulen ja rakenteiden vinouden aiheuttamasta vaakakuormasta ottavat vastaan 2, 3 ja 14 seinät. X-suuntaan suurimman osan kuormasta ottavat vastaan seinät 18, 19, 20 ja 23. Muita elementtejä ei ole otettu jäykistyksessä huomioon muuten kuin pysyvänä kuormana, koska niiden aukkosuhte on niin suuri ikkunoiden ja oviaukkojen takia.

#### 4 Mitoittavat arvot ja periaatteet

Excel-tilukkolaskentaohjelman ja mallinnuksen avulla pyritään selvittämään voimat, jotka vaikuttavat rakennukseen ja sen rakenteisiin. Voimien selvittämisellä on suuri merkitys rakenteiden mitoituksen kannalta elintärkeiden voimien selvittämisessä, joiden avulla rakennuksesta saadaan toiminnallisesti turvallinen ja pitkän käyttöiän omaava rakennus.

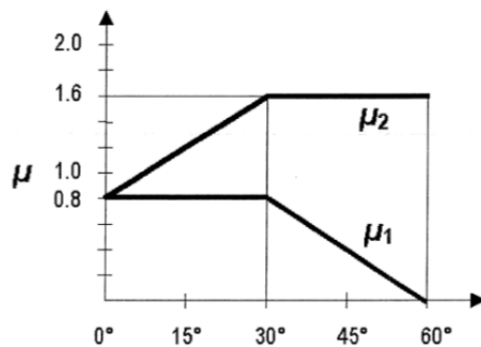
#### 4.1 Lumikuorman laskenta

Lumikuorma on muuttuva kuorma, jonka ominaisarvo määritetään maantieteellisen sijainnin perusteella. Lumen ominaisarvot voidaan tarkistaa alla olevasta kuvasta 6.



Kuva 6. Maantieteellisesti sijoittuvat lumikuorman ominaisarvot Suomessa. [12,s.3.]

Kuorman suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat katon muoto, kattopinnan karheus, rakennusten läheisyys, rakennuksen suojaisuus ja kaltevuuskulma. Jokaisella materiaalilla on omat ominaisuutensa, joihin kuuluu myös erilaiset kitkakertoimet, jotka vaikuttavat lumen liikkeeseen ja katolla pysyvyyteen. Lämpökertoimen avulla voidaan redusoida rakennuksen lämpöhäviön aiheuttamaa lumen luonnollista sulamista, joka pienentää lumen aiheuttamaa kuormaa. Erilaisilla kattotyypeillä on omat muotokertoimensa, joka otetaan lumikuormien muotokertoimen määrittävästä taulukosta katon kaltevuuskulman avulla:



Kuva 7. Lumikuorman muotokertoimet [7,s.30.]

Lumikuorman laskenta suoritettiin tässä kohteessa pulpettikaton lumikuorman laskentaan tarkoitetulla kaavalla, joka koostuu neljästä eri osasta:

$\mu_1$  lumikuorman muotokerroin

$S_k$  Lumikuorman ominaisarvo [kN/m<sup>2</sup>]

$C_e$  Tuulensuojaisuuskerroin

$C_t$  Lämpökerroin.

Kohde on uudiskohde missä ei sovelleta lämpökertoimen antamaa kevennystä kattorakenteisiin kohdistuvaan kuormaan, koska lämpöhäviötä ei oleteta esiintyvän. Tuulensuojaisuuksikertoimenä käytetään arvoa 1,0, joten kaava supistuu muotoon:

$$s = \mu_1 * s_k = 2,2 \frac{kN}{m^2} \quad (1)$$

Katon kaltevuus kohteessa on 22 astetta kaikilla lappeilla, mukaan lukien IV-konehuoneen katto, jonka takia muotokertoimeksi tulee 0,8 ja lumikuorman ominaisarvoksi saadaan kartasta Vantaan kohdalta  $2,5 \frac{kN}{m^2}$ , mutta pääkaupunkiseudulla käytetään lumikuormana korotettua arvoa  $2,75 \frac{kN}{m^2}$ , koska pääkaupunkiseudun rakennusvalvonnat ovat sopineet yhtenäisistä käytännöistä alueella ja kehittäneet näiden perusteella PKS-kortit, josta tämä korotettu arvo löytyy. Lumikuorman tarkemman laskelman voi nähdä liitteestä 3. [7, s. 26- 32.]

#### 4.2 Tuulikuorman laskenta

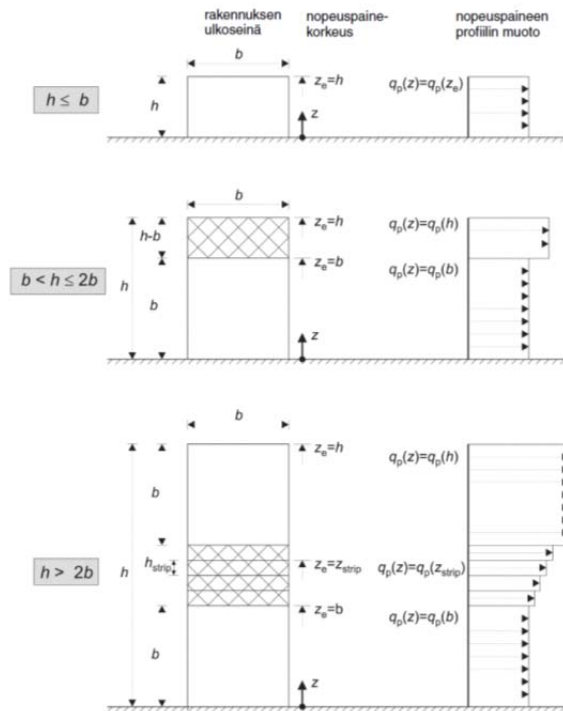
Tuulikuorma aiheuttaa suurimman osan rakennukseen kohdistuvasta vaakakuormituksesta. Korkeilla rakennuksilla tuulikuormaa voidaan ns. osittaa kun tietyt ehdot pätevät syvyys- ja korkeussuhteen.

Matalissa rakennuksissa, joiden maanpäällinen korkeuden mitta on selvästi pienempi kuin rakennuksen tuulensuuntainen syvyys, sovelletaan tasaisen tuulikuorman periaatetta, jossa koko korkeuden matkalla vaikuttaa tasaisesti sama kuorma.



Silloin, kun rakennuksen korkeuden mitta ylittää tuulensuuntaisen syvyyden mitan, siirytään käyttämään ositettua nopeuspaineen profiilia, jossa rakennuksen ylempiin kerroksiin kohdistuu enemmän kuormaa nousumetrille kuin alempiin kerroksiin. Ylempään osaan kohdistuva kuorma saadaan laskettua kaavalla:  $q_p * h$ , jossa  $q_p$  on nopeuspaineen ominaisarvo kohteen maastoluokassa ja  $h$  tarkoittaa rakennuksen tuulelle näkyvää kokonaiskorkeutta. Alempien kerroksien kuormitus kertyy korkeussuunnassa tuulensuuntaisen syvyyden mitan verran. Alempien kerroksien nousumetrinen kuormitus saatiin laskettua kaavalla:  $q_p * b$ , jossa  $b$  tarkoittaa rakennuksen tuulensuuntaisen syvyyden mitta. Rajana tälle menettelylle käytetään sitä, että korkeus ei saa kumminkaan olla suurempi kuin kaksi kertaa rakennuksen tuulensuuntainen syvyys. Jos syvyys- ja korkeussuhteen ero ei ole merkittävä, voidaan käyttää yksinkertaistettua ensimmäistä vaihtoehtoa. [4,s.145.]

Korkeilla rakennuksilla, jotka ovat yli kaksi kertaa niin korkeita kuin niiden tuulen suuntainen syvyys, sovelletaan aluksi samaa menetelmää kuin edellisessä osittelutapauksessa, jossa rakennuksen alempiin kerroksiin kohdistuva syvyyden mitan korkuinen neliökuorma kerrotaan tuulensuuntaisen syvyyden kanssa. Yläpuolisten kerroksien kuormituspituus on yhtä pitkä kuin rakennuksen tuulensuuntainen syvyys, mutta väliin jäävä mitta  $x = h - 2 * b$ , jossa  $h$ :lla merkitään rakennuksen tuulelle näkyvää korkeutta ja  $b$ :llä tuulensuuntaista syvyyttä. Jäännösmitta voidaan jakaa sopivaksi katsottuihin osiin, josta saadaan määritettyä osien korkeudet. Jokaisen osan kuormaan lisätään osan korkeuden lisäksi  $b$ -mitta, jotta kuorma porrastuisi oikein. [4,s.145.]



Kuva 8. Mitoista  $h$  ja  $b$  sekä nopeuspaineen profilista riippuva nopeuspaine korkeus  $z_e$  [8, s.60.]

Tämän kohteen kokonaistuulivoima on laskettu voimakertoimen  $C_f$  avulla. Voimakertoimen laskettiin interpoloimalla tehollisen hoikkuuden ja rakennuksen sivusuhteen välillä molempiin tuulensuuntiin. Käsiteltävän rakennuksen pohjan voi tässä olettaa suorakaitteeksi, jonka takia rakennekerroin saatiin selvitettyä sen selvitykseen tarkoitettua kuvaajasta, jossa  $C_s C_d = 0,91$ .

Rakennekerroin on molempiin tuulensuuntiin nähden yhtä suuri. Nopeuspaineen ominaisarvo  $q_0(z)$  saatiin interpoloitua taulukosta 4.2S [4, s.133.] korkeuden ja maastoluokan avulla. Tasaisesti vaikuttavan tuulikuorman neliökuorma rakennekertoimen ja voimakertoimen avulla saadaan seuraavasti vaikuttavan tuulensuunnan mukaan [4,s.133; s. 136- 137; s. 138.]:

$$P_{w,y} = C_s C_d * C_f * q_p(z) \quad (2)$$

$$P_{w,x} = C_s C_d * C_f * q_p(z) \quad (3)$$

Rakennuksen sivu- ja pystysuuntaisten mittojen eroavaisuudet ovat niin pienet, että korkeissa rakennuksissa käytettävää tuulikuorman osittamista ei ole käytetty, koska ero aiheutuvien kuormien välillä osoittautui niin pieneksi. Lisäksi tämä tuo vain varmuutta rakenteiden mitoittamiseen. Tuulikuorman tarkemman laskelman löytää liitteestä 2.

#### 4.3 Vinouden aiheuttama lisävaakavoima

Rakennuksen työmaavaiheessa inhimillisen virheen mahdollisuus on aina olemassa, suoritetaan sitten elementtien asennusta tai paikallavaluja. Mittaepätarkkuudet aiheuttavat epäedullisia kuormia rakennukselle, jotka näin on otettava huomioon rakennuksen jäykistystä suunniteltaessa.

Mittaepätarkkuuksien aiheuttaman kuorman laskentaan käytetään eurokoodissa omaa laskentakaavaansa, joka ottaa huomioon rakennuksen korkeuden ja rakennusosien määrän kaavassa esiintyvinä pienennyskerroimina. Mittaepätarkkuudet voidaan esittää kaavalla:

$$\theta_i = \theta_0 * \alpha_h * \alpha_m. \quad (4)$$

$\theta_0$  on vinouden perusarvo

$\alpha_h$  pituuteen ja korkeuteen perustuva pienennyskerroin

$\alpha_m$  rakennusosien määrään perustuva pienennyskerroin.

Vinouden perusarvo esitetään kansallisessa liitteessä, josta Suomessa käytetään arvoa:

$$\theta_0 = \frac{1}{200}. \quad (5)$$

Vinouden aiheuttaman lisävaakavoimalaskennan voi nähdä liitteestä 4. [1, s.54- 55.]. Pituuteen ja korkeuteen perustuva pienennyskerroimen kaava:

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}}; \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1. \quad (6)$$

$l$  tarkoittaa rakennuksen korkeutta. Rakennusosien määrään perustuva pienennyskerroin koostuu kaavasta:

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 * (1 + \frac{1}{m})}. \quad (7)$$

$m$  on kokonaisvaikutuksen aiheuttavien pystyrakennneosien määrä, joka tarkoittaa epäsuotuisasti vaikuttavien seinien lukumäärää. Tuulen vaikuttaessa  $Y$ -suuntaan näihin seiniin kuuluvat kaikki  $X$ -suuntaiset jäykistävät seinät.

Lisävaakavoiman laskentaan on käytettävissä myös toinen laskentatapa, joka on yksinkertaisempi, mutta antaa paljon suurempia tuloksia. Kaava on löydettävissä RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat -kirjasta. Rakennuksen lyhyemmässä suunnassa kaavana käytetään:

$$H_{dt} = \frac{N_d}{150} \quad (8)$$

Rakennuksen pidemmässä suunnassa:

$$H_{dl} = \frac{b}{l} * \frac{N_d}{150} \geq \frac{N_d}{250}. \quad (9)$$

$N_d$  = Lisävaakavoiman aiheuttamaa pystykuorman laskenta-arvoa

$b$  Rakennuksen leveys

$l$  Rakennuksen pituus

Tässä kohteessa rakennuksen leveys ja syvyys eivät eroa merkittävästi, joten voidaan käyttää lyhyemmän suunnan lisävaakavoiman laskenta-arvon laskentaan käytettävää kaavaa kummankin tuulensuunnan lisävaakavoiman laskentaan.

$$H_{dg} = \frac{N_d}{150} = \frac{35625 \text{ kN}}{150} = 238 \text{ kN} \quad (10)$$

$$H_{dq} = \frac{N_d}{150} = \frac{5506 \text{ kN}}{150} = 37 \text{ kN}. \quad (11)$$

Verrattaessa saatuja tuloksia eurokoodin vastaavaan lisävaakavoiman laskentaan käytetyn kaavan antamaan tulokseen huomataan, että saatu ero on aivan huomattava mitoituksessa käytettävissä voimissa. Betonirakenteiden mitoitukseen käytettävän eurokoodin kaavalla saadut tulokset ovat noin 37 % yksinkertaistetun menetelmän antamista tuloksista molemmille tarkastelusuunnille. Tästä seuraa huomattavasti pienemmät teräsmäärät liitoksiin ja näin rakenteiden varmuustaso laskee, laskematta merkittävästi kustannuksia. Kaavojen eroavaisuudesta johtuen tehtiin toimiston sisäinen periaatepäätös, että yksinkertaistettua menetelmää käytetään taulukkolaskennassa esi- ja luonnossuunnittelun ajan riittävän varmuuden saavuttamiseksi. Liitteessä 4 esitetään leveämmän sivun suunnassa vaikuttava lisävaakavoima:

$$\sum H_{gky} = 88,5 \text{ kN} \quad (12)$$

$$\sum H_{qky} = 13,7 \text{ kN}. \quad (13)$$

Kapeamman sivun suunnassa vaikuttava lisävaakavoima:

$$\sum H_{gky} = 86,6 \text{ kN} \quad (14)$$

$$\sum H_{qky} = 13,4 \text{ kN}. \quad (15)$$

#### 4.4 Seinäkohtaisen kuormituksen laskenta

Kohteen seinäkohtaiset voimat kerroksittain määritettiin Excel-taulukkoon sijoitettujen arvojen avulla. Ensin rakennukselle on määritetty tietty origo, jonka suhteen seiniä tarkastellaan ja tästä saadaan määritettyä, miten rakenteet kiertyvät vaakavoimin vaikutuksesta. Taulukkoon on määritetty seinien sijainnin lisäksi seinien paksuus, pituus ja kimmokerroin, joka on kaikilla seinillä sama, mutta taulukossa muunnettavissa kaikille seinille omaksi arvokseen, mikäli niin haluaa tehdä.

Kuormitus voi aiheuttaa rakenteisiin kiertymää, joka siirtää voimia seiniltä toisille. Kiertymän voi estää suunnittelemalla rakennuksen niin, että sille kohdistuvan voiman suunnassa seinät on asetettu symmetrisesti molemmin puolin, mutta tämä ei yleensä toteudu arkkitehtonisista valinnoista johtuen.

#### 4.4.1 Kuorma aiheuttaa rakenteeseen kiertymää

Jäyhyysmomentti määritettiin seinille kussakin taulukossa käsiteltävän tuulen suuntaan kaavoilla:

$$I_y = \frac{b \cdot L^3}{12} \quad (16)$$

$$I_x = \frac{b \cdot L^3}{12}. \quad (17)$$

b Seinän leveys

L Seinän pituus

Seinäkohtaiset jäykkyydet  $k_y$  ja  $k_x$  laskettiin taulukoissa kaavoilla:

$$k_x = \frac{3 \cdot E \cdot I_y}{L^3} \text{ ja } k_y = \frac{3 \cdot E \cdot I_x}{L^3}. \quad (18)$$

Kiertokeskiön sijainti on määritetty käyttämällä kaavoja (taulukossa merkitty O) [2,s.514.]:

$$x_0 = \frac{\sum k_y x}{\sum k_y} \text{ ja } y_0 = \frac{\sum k_x y}{\sum k_x}. \quad (19)$$

Vaakavoimien aiheuttama voimien resultantti ei ole kiertokeskiön kanssa samassa linjassa, mikä aiheuttaa momenttia rakenteisiin. Momenttivarsi laskettiin kaavalla:

$$S_x = \frac{b}{2} - x_0 \text{ ja } S_y = \frac{b}{2} - y_0. \quad (20)$$

jossa b tarkoittaa rakennuksen kokonaisleveyttä eli aluetta, jolta tuulen aiheuttama vaakavoiman resultantti syntyy.

Siirtymistä syntynyt voima  $F_s$  saatiin jaettua seinille kaavalla, jossa  $k_{x,i}$  ja  $k_{y,i}$  tarkoittaa seinäkohtaista x- tai y-suuntaista jäykkyyttä [2, s. 514.]:

$$F_s = \frac{F_x}{\sum k_x} * k_{x,i} \text{ ja } F_s = \frac{F_y}{\sum k_y} * k_{y,i}. \quad (21)$$

Rakennuksen kiertymän laskentaa varten täytyi selvittää ensin kiertokeskiön sijainti rakennuksessa, jonka ympäri rakenteet pyörivät aiheutuneesta vaakavoimasta. Ensin selvitettiin seinän etäisyys kiertokeskiöstä, joka korotetaan toiseen potenssiin ja kerrotaan seinäkohtaisella jäykkyydellä. Lopullinen kiertymä saadaan jakamalla vaakavoiman resultantin epäkeskisyydestä aiheutunut momentti saadulla tulolla. [2, s.515.]

$$\theta = \frac{M_k}{\sum k_x (y - y_0)^2} \text{ ja } \theta = \frac{M_k}{\sum k_y (x - x_0)^2}. \quad (22)$$

Kiertymistä aiheutuvat voimat seinille laskettiin kertomalla käsiteltävän seinän etäisyys kiertokeskiöpisteestä, kiertymän ja seinäkohtaisen jäykkyyden kanssa.

$$F_{k,y} = k_{y,i}(x - x_0)\theta \text{ ja } F_{k,x} = k_{x,i}(y - y_0)\theta. \quad (23)$$

Seinille kokonaisuudessaan vaikuttava kuorma saatiin summaamalla kiertymästä ja siirtymistä aiheutuneet voimat seinille [2, s.514- 517]. Kohteen seinien vaakakuormien laskelmat löytyvät liitteistä 5 ja 6.

$$\sum F = F_{k,y} + F_s. \quad (24)$$

#### 4.4.2 Kuormitus ei aiheuta kiertymää

Silloin, kun rakenteeseen ei pääse syntymään kiertymää kuormituksen sijainnin ja rakennesien sijainnin symmetrisyyden takia, yksittäiselle seinälle kohdistuvan voiman laskenta helpottuu ja lyhenee merkittävästi. Seinäkohtaisen voiman määrittämiseen tarvittava laskenta lyhenee muotoon:

$$Q_y = \frac{k_y}{\sum k_y} * F_y \text{ ja } Q_x = \frac{k_x}{\sum k_x} * F_x. \quad (25)$$

$Q_y$  ja  $Q_x$  kyseisen seinän ottama osuus vaakavoimasta  $F_y$  tai  $F_x$

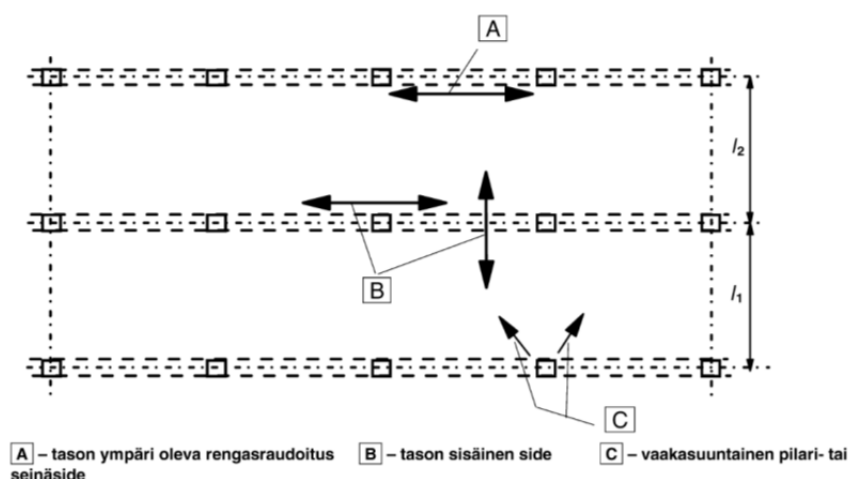
$k_y$  ja  $k_x$  ovat seinän jäykkyyttä kuvaava termi, joka purettu auki ylempänä kaavassa 18.

$\sum k_y$  ja  $\sum k_x$  ovat jäykistävien seinien jäykkyyksien summa.

#### 4.5 Kuormat jakavan levykentän luominen

Kerroksittaisia kuormia jakava levykenttä muodostuu ontelolaatoista ja ontelolaattojen sauma- ja rengasteräksistä. Esimerkkikohteessa uudelleenjakautumaa ei tapahdu, koska kerroksittainen jäykistyssysteemi on identtinen. Ontelolaattakenttä raudoitetaan vaaka- ja pystykuormia vastaan. Saumaraudoitukset toimivat ontelolaattojen välisissä voimia siirtävänä raudoituksena kantavien väliseinien ja ulkoseinien reunoilla ja laattojen omat sisäiset raudoitukset ottavat vastaan pystysuuntaisen kuorman aiheuttaman rasituksen. Kantavilla ulkoseinillä saumateräksset on kiinnitetty ontelolaatasta kiertävään rengasraudoitukseen ja edelleen rengasraudoitus on sidottuna seinäelementtien saumojen pystyraudoituksiin jatkuvan sortuman estämiseksi. Ontelolaataston rengasraudoituksen tarkoituksena on saada koko laatasto toimimaan yhtenäisenä, niin että se toimii myös yhdessä muiden rakenteiden kanssa. Ontelolaatastossa esiintyvät raudoitukset voidaan listata lyhyesti:

- Rengasraudoitus, joka kulkee koko laataston ympäri
- Laataston sisäiset siteet, laattojen saumoihin
- Vaakasuuntaiset pilari- ja seinäsiteet
- Pystysiteet, jotka ankkuroivat rengasraudoituksen jäykistäviin ja kantaviin rakenteisiin. [1,s.166.]



Kuva 9. Ontelolaatastossa esiintyvät sideraudoitukset. [1, s.166- 167.]



Rengasraudoitus mitoitetaan samalla tavalla kuin normaalia suorakaiteen muotoista seinämäistä betonipalkkia vaakavoimasta syntyvälle momentille, jossa syntyy erikseen puristus- ja vetoalue. Tukena laatasta muodostuvalle yhtenäisenä toimivalle laatalle toimivat jäykistävät ja kantavat seinät, joista jäykistävät seinät ottavat vaakakuormaa vastaan. Laatan korkeudeksi valitaan pienin leveys, joka laatasta esiintyy. [1,s.166.]

SFS EN1992-1-1 mukaan rengasterästen tulee pystyä kuitenkin kantamaan eurokoodissa määritetty suositusarvo teräsiin vaikuttavasta voimasta, joka on  $Q_2 = 70 \text{ kN}$ . Teräksen lujuutena onnettomuustilanteessa voidaan käyttää  $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ . Teräsiin vaikuttava voima mitoittaa käytettävän teräksen koon, mutta täytyy kuitenkin täyttää minimi raudoitus ehto ks. kaava 27.

$$F_{tie,per} = l_i * q_1 \quad (26)$$

$$\text{mutta kuitenkin vähintään } F_{tie,per} \geq Q_2. \quad (27)$$

$F_{tie,per}$  rengasraudoituksessa vaikuttava voima

$l_i$  reunimmaisen jänteen pituus

$q_1$  eurokoodin suositusarvo  $q_1 = 10 \text{ kN/m}$

Reunimmaisen jänteen pituus  $l_1$

$$A_{s,min} = \frac{Q_2}{f_{yk}} = \frac{70\,000 \text{ N}}{500 \text{ N/mm}^2} = 140 \text{ mm}^2 \rightarrow 2T10, A_s = 157 \text{ mm}^2. \quad (28)$$

Sisäisten siteiden mitoituksessa sisäsaumojen edellytetään pystyvän kantamaan veto-voiman mitoitusarvon  $F_{tie,int} = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ . [1,s.167.]

$$F_{tie} = \frac{l_1 + l_2}{2} * q_3 \quad (29)$$

missä  $q_3 = 20 \text{ kN/m}$

$l_1$  ja  $l_2$  ovat ontelolaattojen jännemitat metreinä palkkikaistojen tai seinien molemmin puolin. Kuva 8 selventää mittauspaiikkoja. [1,s.167.]

$$\text{Reunaehdot } 150 \text{ kN} \geq F_{tie} \geq Q_4, \text{ jossa } Q_4 = 70 \text{ kN}. \quad (30)$$

Sisäisten siteiden vähimmäisvoima on siis  $F_{tie} = 70 \text{ kN}$ , joka johtaa siihen, että vähimmäisraudoitus on

$$A_{s,min} = \frac{F_{tie}}{f_{yk}} = \frac{70\,000 \text{ N}}{500 \text{ N/mm}^2} = 140 \text{ mm}^2 \rightarrow 2T10, A_s = 157 \text{ mm}^2. \quad (31)$$

#### 4.6 Vaaka- ja pystysiteet

Kuormitukset täytyy selvittää seinien, pilareiden ja laattojen saumoissa, jotta niihin sijoitettavat siteet voitaisiin mitoittaa onnettomuustilanteita varten, joissa rakenteisiin syntyy ylimääräisiä kuormia. Nämä ylimääräiset voimat pyritään siirtämään muita reittejä turvallisesti muualle vaarantamatta rakenteiden eheyttä ja toimintavarmuutta. Kuormia siirtävän ontelolaataston yhtenäistävä rengas- ja saumaraudoitus vaatii vaakavoimien selvittämistä, jotta rengasraudoituksesta saadaan toimiva rakenteellinen ratkaisu jatkuvaa sortumaa vastaan.[1,s.168.]

## 5 3D-analyysilaskelmat

Analyysiohjelmat ovat tuoneet oman osansa suunnittelun helpottamiseksi. Helpotuksen lisäksi on tullut myös uudenlaisia ongelmia, jotka liittyvät enemmän itse ohjelman käytettävyyteen ja sitä käyttävän henkilön ammattitaitoon ohjelmiston käytössä ja lukemisessa. Ammattitaito osoittautuu tärkeäksi osaksi ohjelman käyttöä, koska mitoitetessa ohjelman avulla käyttäjän on osattava arvioida ohjelman antamia tuloksia.

Analyysiohjelmien tuoma visuaalinen lisä on positiivista, koska pystytään luomaan malli, jonka avulla voidaan huomata, mistä rakenneosista rakennus koostuu ja tarvittaessa pystytään merkitsemään vaikka värikoodein kantavat, ei-kantavat ja jäykistävät seinät. Mitoitusohjelmissa mallinnetaan vain ne seinät, joita halutaan tutkia kuormien jakautumisen selvittämiseksi. Ei-kantavat seinät jätetään mallintamatta, mutta huomioidaan

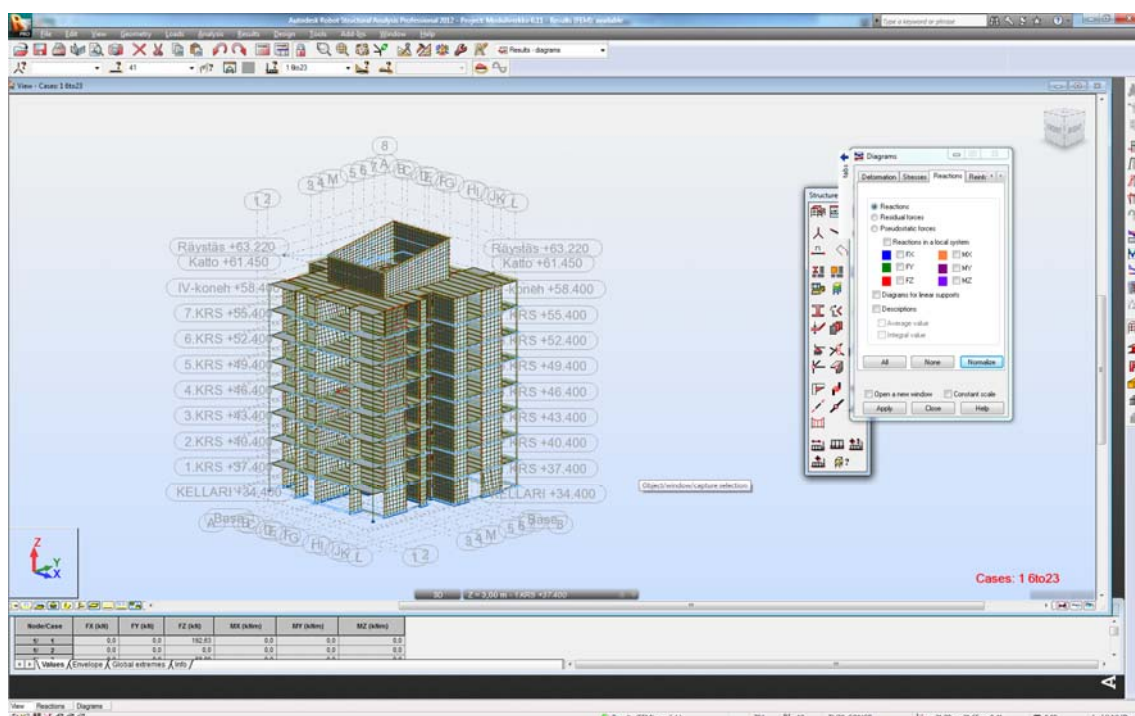
sitten pysyvinä kuormina, jotka toimivat jäykistävien seinien painoina kaatumisen estämiseksi.

Oikeanlainen analysoiminen saattaa joissakin erikoisia rakenteita sisältävissä kohteissa osoittautua raskaaksi, minkä takia yksinkertaistukset ovat tervetulleita mallintamiseen, jos katsotaan, että yksinkertaistuksella rakennetta mitoittavat voimasuureet menevät varmalle puolelle. Varsinkin monimutkaisissa rakenteissa yksinkertaistuksissa täytyy olla erityisen varovainen, että niiden toiminta ei muutu yksinkertaistuksen myötä.

Analyysimallia luodessa täytyy kiinnittää huomiota myös itse käytettäviin elementteihin, joiden oikeanlaisen mitoitusperiaatteiden ja taustalla olevan lujuusopin teorian tunteminen on tärkeää. Mallin tekijän tulee osata arvioida ohjelman antamia tuloksia, jotta saadut tulokset olisivat luotettavia. Jokaisella elementtityypillä on omanlaisia rajoituksia ja tietynlaiset käyttötarkoitukset mallinnusohjelmissa, jonka takia on tärkeää tietää nämä käyttötarkoitukset ja -rajoitukset, jolloin mallinnustulosten oikeellisuus taataan ja tuloksien tulkitseminen olisi helpompaa. Ohjelmaan ja sen ominaisuuksiin perehtymättömän laskelmien tekijä voi tehdä analyysiohjelmissa radikaaleja virheitä esimerkiksi liitoksissa, joiden vääränlaisella mallintamisella saadaan suuria eroja aikaan ja näin mitoittavien suureiden kokoluokka vääristyy.

Rakenteiden omapainon ja erilaisten kuormitustapauksien aiheuttamat rasitukset, nähdään helposti erilaisista värikoodatuista kuormakartoista, joita selventää erityinen väriskaalaus, jotka indikoivat tiettyä arvoa kentässä. Käyttäjän on osattava olla kriittinen ohjelman antamia tuloksia kohtaan ja myös ottaa huomioon rakenteiden paikallisen koordinaatiston akseleiden suunta, josta voi päätellä mitoitukseen käytettävän arvon rakenteen oikeassa suunnassa. Virheitä on tapahtunut lukuarvojen lukemisessa esimerkiksi niin, kuormituksesta syntyneitä voimia vastaan mitoitettu raudoitus on mennyt kentässä väärinpäin, koska syntyneiden voimien suuntaan kentässä ei ole huomioitu.

3D-laskenta ei ainakaan vielä ole täysin poissulkenut perinteistä laskemista, sillä ohjelmistojen luomat laskelmat ovat suurimmalta osaltaan epäselviä ja vaativat käyttäjältään harjaantunutta lukutaitoa oikeasti merkittävien laskentatuloksien löytämiseksi. Jokainen ohjelma on ohjelmoitu eri tavalla kuin toinen, joten ei ole yksiselitteistä tapaa, millä ohjelmien antamia tuloksia tulisi lukea.



Kuva 10. Rakennus mallinnusvaiheessa Robot-ohjelmassa.

## 5.1 Analyysiohjelmat

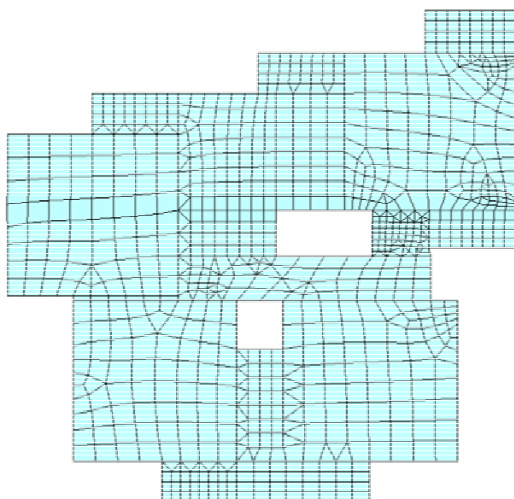
Lujuuslaskentaohjelmien tavoitteena on laskea rakennuksen siirtymät, jännitykset, rakenneosien muodonmuutokset ja tukireaktiot eri kohdissa, rakennukseen kohdistuvien kuormien vaikutuksesta. Tämä on mahdollista, kun tiedetään, mistä rakenneosista rakennus koostuu ja miten rakennuksen tuenta on toteutettu.

Lujuuslaskelmien tekemiseen kehitetyt ohjelmat on kehitetty vuosien saatossa jo 1950-luvulta lähtien ja ne ovat kehittyneet hurjaa vauhtia. Alussa laskeminen perustui perinteisen lujuuslaskennan antamiin kaavoihin ja teoriaan, silloin kun kyseessä on geometrialtaan yksinkertaisiin elementteihin jaettu rakennosia. Geometrian tullessa monimutkaiseksi, joudutaan nojautumaan numeerisen menetelmän tarjoamaan ratkaisuun, josta saadaan likiratkaisuja. Tehokkaimmaksi ja myös yleisimmäksi numeeriseksi liikiarvomenetelmäksi on noussut elementtimenetelmä, josta käytetään nykyään tuttavallisempaa nimeä FEM- laskenta menetelmä (*Finite Element Method*). Tietokoneiden kehittyminen 1960- ja 1970-luvulla auttoi elementtimenetelmän kehittyvän sellaiselle tasolle, jossa laskelmien tekemisestä tuli käsilaskentaa nopeampi tapa suorittaa monimutkaisia laskelmia, vaikka arvot täytyi syöttää manuaalisesti numeerisessa muodossa. Esi- ja jälkikäsitteilyohjelmistot helpottivat ohjelmien käyttöä. Rakennuksien levy-

mäisten elementtien ratkaisussa käytetään interpolointiin perustuvaa elementtimenetelmää, jossa elementin voimasuureiden likimääräiseen arvioimiseen käytetään interpoloimalla perusyhtälöitä elementtikohtaisesti. Yksinkertaisten ristikko- ja kehärakenteiden ratkaisemiseen käytetään ohjelmistoissa suoraa elementtimenetelmään, jossa ratkaisuyhtälöt muodostetaan tuttujen lujuusopin sauva- ja palkkiteorian avulla. [15,s.1.]

Analysoitavat kohteet koostuvat suuremmista seinäelementeistä, jotka jaetaan pienempiin geometrisesti yksinkertaisiin neli- ja kolmisivuisiin elementteihin, laskennan keventämiseksi. Kuvassa 11. on kuvattuna, miten kerrosten välinen laattaelementtialue on jaettuna pienempiin neli- ja kolmisivuisiin elementteihin. Jokaisella elementillä mallissa on oma numeronsa ja jokainen elementti koostuu kolmesta tai neljästä solmusta riippuen elementin muodosta, joista jokainen on niin ikään numeroitu. Numerointi on tehty ohjelman laskemien helpottamiseksi ja sekin koostuu kahdesta erilaisesta numerointi tavasta. Globaalista numerointia käytetään koko verkon kokonaisuutta käsiteltäessä ja lokaalista numerointia käytetään, kun käsitellään yksittäistä pientä elementtiä, joista suuremmat kokonaiset seinäelementit koostuvat.

Elementtien solmuista saadaan laskennan avulla selville niihin kohdistuvien kuormitusten aiheuttamat siirtymät ja voimasuureet. Siirtymiin kuuluvat seinien muodonmuutoksista johtuvat siirtymät ja rakenteen epäsymmetrisyydestä johtuva kiertymä. Voimasuureisiin kuuluvat siten solmukohtaiset tukireaktiot ja poikkileikkauksen jännitys ja rasitus.



Kuva 11. Laattaelementtien kentät jaettuna neli- ja kolmisivuisiin elementteihin.

## 5.2 Analyysityypit

Analyysitapoja on neljä tyypillisintä, joita käytetään tietomallinteiden laskentaan. Kussakin analyysityypissä käsiteltävä rakenne on jaettu yksinkertaisempiin geometrisiin osiin, laskennan helpottamiseksi. Analyysitavoista tavallisimpia ovat staattinen, dynaaminen, lineaarinen ja epälineaarinen analyysintapa, joita käytetään FEM-ohjelmissa. [14, s.1.]

### 5.2.1 Staattinen analyysi

Staattisella analyysitavalla tulokset ovat ajasta riippumattomia, mikä tarkoittaa sitä, että dynaamiset vaikutukset, jotka syntyvät kuormituksesta ajan kuluessa, jätetään huomioimatta. Lopputuloksena saadaan siirtymien ja jännitysten lopulliset arvot ja positiivisena puolena nähtäköön myös se, että tämä laskentamethodi ei ole laskemiseen vaadittavien resurssien suhteen kovin vaativa. [14, s.1.]

### 5.2.2 Dynaaminen analyysi

Dynaamisessa analyysissa otetaan huomioon ajan ja voiman yhteinen vaikutus rakenteisiin. Voimien vaihdellessa paljon tarkasteltavan ajanjakson aikana rakenteissa esiintyy erilaisia nopeuksia, siirtymiä, kiihtyvyyksiä ja jännityksiä erilaisissa tilanteissa, jotka ovat ajasta riippuvaisia ja niiden ratkaisemiseksi on määriteltävä ratkaisuhetki aikaaskellus laskennan avulla, jolla rakenne mitoitetaan. Tämä analyysitapa on huomattavasti monimutkaisempi kuin staattinen analyysimalli, jossa aikaa ei tarvinnut ottaa huomioon, mikä johtaa myös siihen, että vaadittavat laskentaresurssit ovat vaativammat ja ratkaistavia laskentahetkiä/ aikavälejä on paljon. [14, s.1.]

### 5.2.3 Lineaarinen analyysi

Molemmat edellä mainitut analyysimenetelmät, dynaaminen sekä staattinen, voivat olla lineaarisesti tai epälineaarisesti ratkaistavissa. Lineaarisessa eli karkeasti sanottuna suoraviivaisessa analyysissä rakenteisiin kohdistuvien kuormitusten aiheuttamat siirtymät ja muodonmuutokset ovat lineaarisesti yhteydessä toisiinsa. Rakenteen kimmoisuuden oletetaan käyttäytyvän lineaarisesti ja muodonmuutosten olevan niin pieniä, että ne eivät vaikuta rakenteen toimivuuteen kokonaisuutena. [14, s.2.]

#### 5.2.4 Epälineaarinen analyysi

Epälineaarissa analyysissä, toisin kuin lineaarisessa analyysissä, laskentaa rajoittaa erityiset materiaaleille asetetut reunaehdot, geometrinen muoto tai materiaalin käyttäytyminen. Siirtymien ollessa niin suuria, että niiden välinen ei ole enää lineaarinen, muuttuu käsittely epälineaariseksi. Reunaehtojen muuttaessa käsittelyn lineaarisesta epälineaariseksi johtuu esimerkiksi siitä, että kappaleen tukeutuminen riippuu siitä, miten paljon siihen kohdistuu kuormaa. [14, s.2.]

Epälineaarissa laskennassa rakenteeseen kohdistetaan pieni määrä kuormaa sille lopullisesti kohdistuvasta kuormasta, joista jokaisessa askeleessa etsitään rakenteen tasapainotilaa, iteroimalla eli toistamalla samoja vaiheita useasti tarkemman lopputuloksen saamiseksi, niin monta kertaa, että haluttu tarkkuus tasapainon aikaansaamiseksi saavutetaan. [14, s.2.]

Epälineaarisen staattisen rakenteen laskennassa tehdään huomattavasti suurempi laskentatyö kuin lineaarisen staattisessa laskennassa. Myös epälineaarisen dynaamisen laskennan laskentatyö lisääntyy merkittävästi lineaarisen dynaamisen laskentaan nähden, ja näin myös laskennan epätarkkuus ja raskaus kasvaa, koska aikaaskelluksen lisäksi tulee suorittaa tasapaino iterointi, siksi olisi suositeltavaa pitää rakenne kuin rakenne mahdollisimman yksinkertaisena. [14, s.2.]

### 5.3 FEMDATA-ohjelmisto

FINNGEN-ohjelma on kotimainen lujuuslaskentaohjelma, jonka on kehittänyt insinööri-toimisto FEMdata Oy. Ohjelmalla voidaan mallintaa geometrisia rakennelmia, jonka osille voidaan määrittää omat materiaaliikohtaiset arvonsa rakennusosan toiminnan kannalta. Ohjelma koostuu kahdesta erillisestä ohjelmasta, joista FINNGEN-ohjelma on tarkoitettu mallin geometriseen rakentamiseen ja reunaehtojen määrittämiseen, jossa määritetään rakenteeseen vaikuttavat kuormat. Toinen ohjelmista on tehty erityisesti laskentatietojen tulkitsemista varten.

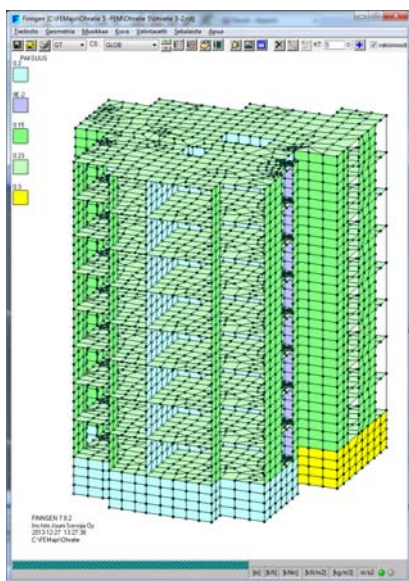
Mallintaessa tieto siirretään ensin ohjelmaan DXF-muodossa, jonka geometria luodaan etukäteen helpommin Tekla Structures -ohjelmalla. Geometriasta saatu muoto rakenteelle muutetaan ensin elementeiksi ja vielä siitä osaelementeiksi. Jokaiselle elementille annetaan omat lujuuslaskennalliset arvonsa laskentaa varten. Tasoille osoitetaan

mitoituksen mukaiset kuormat kuormitustapauksia varten. Laattojen reunat vapautetaan seinistä, jotta kiertymä pääsisi tapahtumaan ja ei aiheuttaisi näin vääntöä seiniin kuorman vaikuttaessa.

Kaikkien valmisteluiden jälkeen suoritetaan laskenta, jonka jälkeen mallista saadut laskentatulokset avataan saman ohjelmistoperheen toisella ohjelmalla FINNSAP-ohjelmalla, joka on tehty laskentatuloksien tulkitsemiseen. Ohjelmistossa voidaan tarkastella rakennuksen siirtymiä ja niihin kohdistuvia voimia. Voimia voidaan tarkastella jokaisessa solmukohdassa ja osaelementissä. Osaelementeistä voidaan laskea saumoihin vaikuttava kokonaisleikkausvoima.

#### 5.4 Kohteen mallinnus

Kohteen mallintamisessa yksinkertaistettiin hieman rakennetta, jotta jokaista kerrosta ei tarvitsisi mallintaa erikseen omana yksikkönään, huomioitava on myös, että sama yksinkertaistus on tehty käsilaskelmissa. Kellarikerros on ainut erilaisena mallinnettu kerros FEM-mallissa. Jäykistävien seinien yleinen paksuus ulkoseinillä on 150 mm ja asuntojen välisten jäykistävien seinien paksuus on aina 200 mm. Väestösuojan osissa kellarikerroksessa seinät ovat 300 mm, mutta muuten väliseinien ja maanpaineosilla ne ovat 200 mm paksut. Kerrosten laatat on mallinnettu yhtenäiseksi laataksi, joka on 210 mm paksu, joka vastaa käytettävän ontelolaatan painoa.



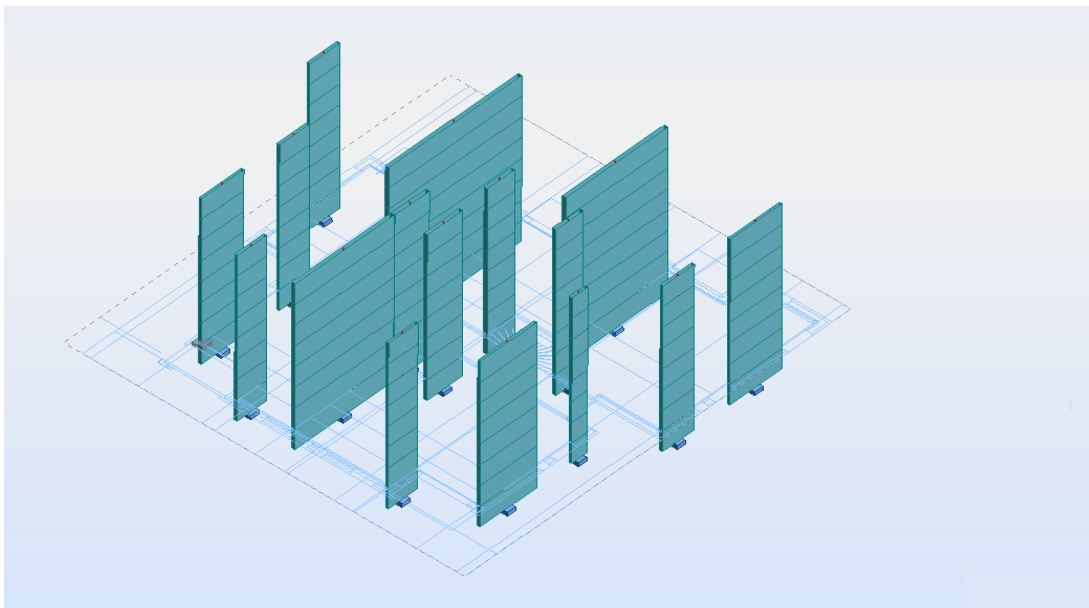
Kuva 12. Mallinnettu rakennus jäykistävillä seinillä FEMDATA-ohjelmassa.



Rakennusta mallinnettaessa jokaiselle osalle annettiin ominaisuudet, joiden ansiosta mallinnettu rakenneosasto toimii halutulla tavalla lujuusopin teorian mukaan. Laattojen reunat, jotka liittyvät jäykistäviin seinisiin, on vapautettu niin, että ne eivät aiheuta vääntöä seinille.

Yksinkertaistetulla seinien pilarimallinnus menetelmällä saadaan ohjelmasta seinille jakautuvat vaakakuormat jäykkyyksien suhteessa ja myös ontelolaatastons rengasraudoitukseen kohdistuva voima. Rengasraudoitukseen vaikuttava voima saadaan selville malliin sijoitettavasta ”äärettömän jäykästä” palkista, joka sijoitetaan sauvojen avulla työntämään jokaista pilaria kussakin kerroksessa. Sauvojen päihin piti sijoittaa kiertymävapaat solmut, jotta vääntöä ei syntyisi seinämastoihin. Tätä varten ohjelmassa täytyi luoda uusi materiaali, jonka materiaaliarvot ovat ohjelman sallimissa puitteissa äärettömät, jotta käytettävien sauvojen muodonmuutos olisi mahdollisimman vähäinen ja näin ”virheellistä” voimien jakautumista ei tapahtuisi. Kuvassa 13 on havainnollistettu sitä, miltä seinillä mallinnetut pilarit näyttäivät.

Seinien ottaessa voimia jäykkyyksien suhteessa analyysiohjelmasta voidaan tarkistaa myös seinille vaakakuormasta aiheutuva momentti, joka määrää näin sille kohdistuvan pystysuuntaisen lisäkuorman. Tähän malliin syötettävät tuulikuorman ja lisävaakuorman arvot otettiin taulukkolaskennasta, jonka jälkeen taulukkolaskennan ja mallinnuksen tulokset ovat melkein identtisiä keskenään. Mallinnuksen yksinkertaistuksissa täytyy olla ainakin perusymmärrys rakenteiden toiminnasta, jotta rakenteet saadaan toimimaan mallinnuksessa toivotulla tavalla. Yksinkertaistettu pilarimallinnus ei kuulunut alun perin tutkittaviin tapoihin tässä työssä, mutta sillä vain havainnollistettiin sitä, että jos rakenteiden toiminnan perusymmärrys on hallussa, ohjelmalla kyllä saadaan haluttuja tuloksia ulos, joita voidaan verrata käsilaskentaan. Analyysiohjelmasta saadut tulokset ovat liitteissä 8 ja 9 ja taulukkolaskennasta saadut tulokset seinille kohdistuvista vaakakuormista löytyvät liitteistä 5 ja 6.



Kuva 13. Seinien yksinkertaistettu pilarimallinnus mallinnusvaiheessa.

## 6 Tulokset

Tämän opinnäytetyön perimmäisenä ajatuksena oli saada vertailevaa tietoa siitä, miten tarkkoja perinteiset laskelmamenetelmät ovat verrattuna nykyaikaisiin analyysiohjelmiin, joissa koko rakennusta käsittävä tieto sisällytetään yhteen malliin. Analyysiohjelmat ovat kehittyneitä sauvarakenteiden laskennassa, minkä takia sauvarakenteiden laskennan tulokset ovat helposti niistä luettavissa ja niiden luotettavuuden arviointi on paljon helpompaa kuin tässä työssä käsiteltävät levymäiset betonirakenteet. Levymäisten betonirakenteiden voimasuureiden oikeellisuuden arviointi on hankalampaa, koska analyysiohjelma käsittelee mallia eri tavalla kuin yksinkertainen laskentamenetelmä, mikä johti erityismenettelyihin mallinnettaessa.

Perinteisillä laskentamenetelmillä saadaan aikaan varmalle puolelle mitoitettuja rakenteita, mikäli laskentakaavojen käytön periaate on hallussa. Valitettavasti perinteiset laskentatavat vievät paljon aikaa, mikäli niiden tekemisen joutuu joka kerta aloittamaan alusta. Tämän takia onkin tärkeää, että laskuille suunnitellaan laskentapohja, joka toimii monessa tyypillisessä suunnittelukohteessa.

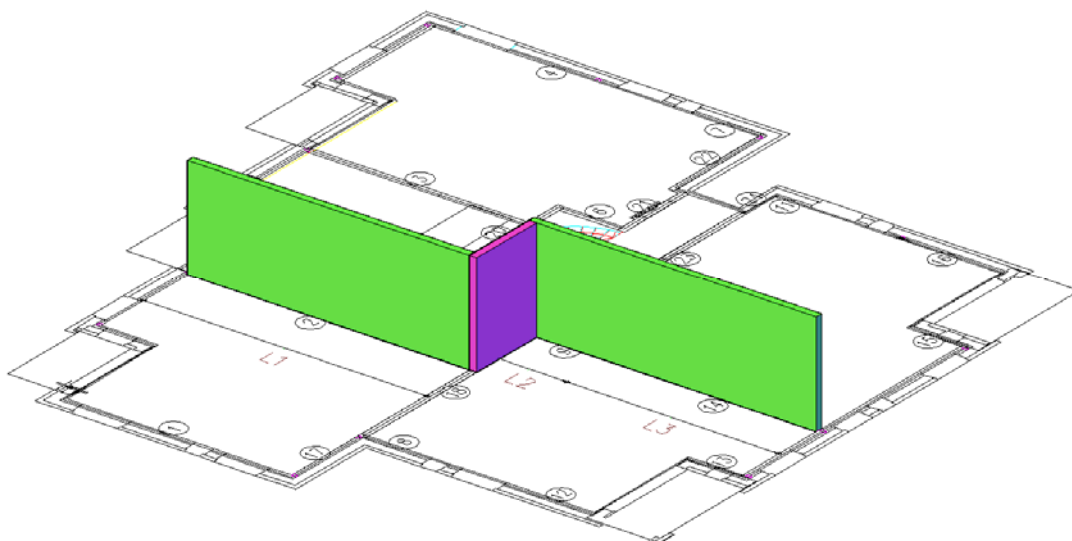
## 6.1 Pystysuuntaiset kuormat

Analyysimalleissa pystysuuntaisten kuormien syöttäminen on kohtuullisen helppoa ja nopeaa verrattuna käsilaskentamenetelmiin ja kuormitusjakaumat ovat paljon tarkempia yksinkertaistettuun menetelmään verrattuna. Käsilaskennan antamat arvot ovat yleisesti suurempia kuin analyysimallista saadut metrikuormat, mutta joissakin kohdissa, missä seinä toimii pilarin tavoin, jonka takia seinälle analyysiohjelmassa kerääntyä huomattavasti enemmän kuormaa laajemmalla alueella esimerkiksi seinät 13 ja 15, analyysimallin tulokset ovat suurempia. Analyysimallissa seinille kerääntyvien pystysuuntaisten voimien suuruus vaihtelee myös vaakakuormituksen luoman momentin aiheuttamasta pystysuuntaisesta lisäkuormasta seinän toiseen päähän.

Liitteessä 7 on kerätty taulukkolaskennasta saadut pystykuormat kahteen eri taulukkoon niiden suhteessa tuulen suuntaan. Ensin liitteessä on kuitenkin esimerkki käytetystä taulukkolaskentamenetelmästä seinille kerääntyvistä pystykuormista. Kaikkia taulukoita ei kuitenkaan kerätty liitteiksi, koska ne olisivat raskauttaneet tuloksien lukemista merkittävästi, mutta kerroskohtaiset tulokset ovat kuitenkin luettavissa liitteessä 7 ja nopeasti verrattavissa.

## 6.2 Vaakasuuntaiset kuormat

Seinille laattojen kautta siirtyvät vaakavoimat selvitetään, jotta voidaan mitoittaa vaakasaumoissa vaikuttavat voimat, joilla mitoitetaan vaakasaumoihin sijoitettava raudoitus. Raudoituksen tarkoituksena on ankkuroida seinä alapuolella olevaan seinään ja niin edelleen alin seinä perustuksiin. Vaakasuuntaisista voimista saattaa syntyä seinille vetoa, mutta se pyritään estämään kantavien seinien omapainolla, kitkalla ja ankkuriteräksillä, mutta ankkuroitavaa pyritään saamaan mahdollisimman vähän.



Kuva 14. Z-muotoisen seinärakenteen muodostuminen.

Levyäisten rakenteiden vaakasuuntaisten leikkausvoimien laskennassa analyysiohjelmat tarjoamat tulokset ovat paljon tarkempia kuin käsilaskennan antamat tulokset, mutta analyysiohjelmien liitoksia ei saa toimimaan käsilaskentamenetelmien/liitosten todellisen toiminnan tavoin ohjelmien rajoitteiden takia. Tulokset ovat vääristäviä, koska analyysiohjelmassa seinien nurkka- ja T-liitokset muodostavat yhtenäisiä rakenteita. Esimerkiksi seinät 2, 18, 9 ja 14 elementteihin jaettuna muodostavat yhtenäisen z-muotoisen rakenteen kts. kuva 13, jonka jäykkyys on täysin toista luokkaa kuin erillisten seinien jäykkyyksien summa. Tästä johtuen, mikäli analyysiohjelmassa haluttaisiin seinien ottavan voimat jäykkyyksien suhteessa, eri seinien välille ei saisi syntyä liitoksia, jotka muuttaisivat rakenteen käyttäytymistä oleellisesti. Vaikka mallinnettaessa laattojen reunat vapautettiin, niin se ei saa rakennetta toimimaan täysin sillä tavalla kuin sen käsilaskennassa oletetaan toimivan. Laattarakenne muodostaa yhdessä seinärakenteen kanssa uudenlaisen jäykistävän järjestelmän, kts. kuva 14, mikä ei vastaa käsilaskentamenetelmää ja on paljon jäykempi rakenne käsilaskennan jäykistysjärjestelmään verrattuna. Tämän takia analyysimallista saadut vaakasuuntaisten voimien aiheuttamat voimasuurevaihtelut olivat aivan liian pieniä käsilaskennasta saatuihin arvoihin verrattuna.

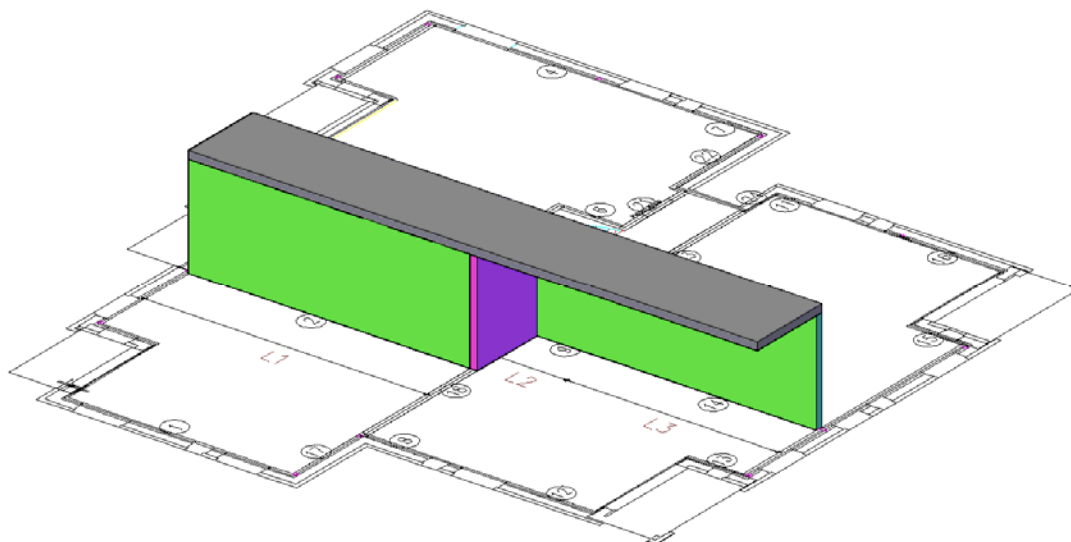
Vertailtaessa käsilaskennan ja analyysimallin tuloksia huomattiin, että voimasuureiden muutoksen suuruus oli sitä luokkaa (vaakakuormien aiheuttamat voimasuuremuutokset), että ohjelma laskee rakenteen yhtenä kokonaisuutena eli laatan yhdistämänä seinien yhdistettynä jäykkyytenä. Mallista ei voida vapauttaa vaakasuuntaisia saumoja,

koska muuten vaakasuuntaiset kuormat eivät pääse jakautumaan ollenkaan jäykistäville seinille. Silloin, kun laatta ja seinät toimivat yhtenäisenä rakenteena ei laatan ja seinän välinen leikkausvoima muodostu pelkästään vaakakuormasta vaan myös rakenteen sisäisistä voimista, tässä tapauksessa ulokemaston sisäisestä leikkausvoimasta.

Em. asian havainnollistamiseksi, kuvassa 13 esitetty pitkien seinien suuntaisen vaakavoiman, jonka tässä kohteessa on suunta Y, ottaisi vastaan yllä mainitut seinät 2, 9 ja 14, mutta analyysiohjelma ottaa mukaan koko rakenteen 2, 9, 14 ja osan seinästä 18, mutta myös sen päälle mallinnetun laatan osana jäykistyssysteemiä. Käsilaskennassa oletuksena on seinien 2, 9, 14 jäykkyydet, jolloin vaakakuormat jakautuvat jäykkyyksien suhteessa näille seinille. Jäykkyyksien käsilaskennassa kaavassa 32 h -arvona käytetään seinien pituuksia L1, L2 ja L3, ja kokonaisjäykkyys muodostuu seinien osajäykkyyksien summasta.

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (32)$$

Siinä tapauksessa, kun laatta on mallinnettu seinien päälle, näyttäisi käsilaskennan avulla tulkittujen voimasuureiden valossa siltä, että rakenteen korkeuden vertailuarvoksi muodostuu suuruusluokaltaan sama arvo, kuin käyttäisi seinien yhteisjäykkyyden laskennassa niiden yhteispituutta  $L = L1 + L2 + L3$  (kaavan 32 h- arvona). Em. valossa täytyy huomata, että kokonaisen rakenteen tarkemman kokonaisjäykkyyden laskenta-periaate muuttuu oleellisesti, sillä em. seinien muodostaman rakenteen jäykkyys nousee laskennallisesti ~4- 5 -kertaiseksi.



Kuva 15. Z-muotoisen seinärakenteen päälle lisätty selvyyden vuoksi vain osittainen laattarakenne, joka muodostaa seinärakenteen kanssa yhtenäisen rakenteen.

## 7 FEM-yhteenveto

Loppupäätelmä kymmenien eri tavalla toteutettujen laskentamallien jälkeen on se, että analyysimallia voidaan hyödyntää parhaiten kerrostalomaisilla rakenteilla pystykuormien määrittämisessä kun vain pystykuormat on lisättyä laskentamalliin. Tällä tarkoitetaan sitä, että myös jäykistämättömät seinät lisätään aukkoineen laskentamalliin. Syy vaakakuormien poisjättämiseen mallista johtuu siitä, että FEM-laskenta luo malliin todellista jäykempiä jäykistyssysteemeitä, joita todelliset rakenteet ja liitokset eivät kykene välittämään, jolloin perustusten ja seinien voimasuureet sijoittuvat osin epävarmalle puolelle. Tästä johtuen FEM-laskennassa saadut pelkät staattiset pystykuormat ovat luotettavia. Asiasta on käyty keskusteluja toisten suunnittelijoiden kanssa ja on päädytty samaan lopputulokseen.

Pystykuormien analysoimiseen ja määrittämiseen luodaan analysointimalli, johon mallinnetaan kaikki seinät, laattarakenteet ja pystysuuntaiset kuormat. Vaakasuuntaiset kuormat jätetään mallintamatta niiden aiheuttamien vääristymien vuoksi, jonka perusteluna toimii levymäisten kappaleiden liitosten mallinnettavuuden rajallisuus, jonka takia liitokset eivät toimi niiden todellisella toimintaperiaatteella. Syynä pelkistykselle oli myös analyysimallien laadintaan käytetty aika, joka kasvaa eksponentiaalisesti, jos liitosten seinien liitosten mallinnus otetaan mukaan laskentaan. Yhtenä perusteena oli

myös käsiteltävän esimerkkihankkeen mukaisen kerrostalon jäykistyssysteemin todella suuri jäykkyys, jonka johdosta siirtymärajatila ei ole oleellinen tarkastelun kohde.

Lopputulokseksi saatiin, että perustusten mitoituksessa käytettävä pystykuorma otetaan luodusta analyysimallista ja taulukkolaskennan vaakakuormien taivutusmomentin aiheuttama lisäkuorma lisätään analyysimallin tuloksiin, josta saadaan perustukset mittaava metrikuormat. Tarvittaessa voidaan kuitenkin luoda myös analyysiohjelmalla yksinkertaistettu pilarimalli seinistä ja tarkastella niille kohdistuvia kuormia ja näin saada seiniin kohdistuvat vaakakuormat ja momentit selville yhtä tarkasti kuin taulukkolaskentamenetelmälläkin.

Analyysiohjelman toimintaa testattiin myös yksinkertaisilla rakennemalleilla, joihin as-teittain lisättiin kerroksia ja tarkasteltiin kussakin tapauksessa vaakakuormasta synty-nyttä pystysuuntaista lisäkuormaa. Pelkästään laatan jäykkyyden muuttaminen muutti tuloksia oleellisesti ja jäykkyyttä kasvatettaessa rakenne alkoi toimia seinien kanssa yhtenäisenä rakenteena yllä mainitun Z-seinän tapaan. Myös lisäkuorma tasoittui molempien seinien päissä samansuuruiseksi laatan jäykkyyttä kasvatettaessa ja kerroksia lisättäessä virhe vain kertaantui, koska rakenne toimi yhdessä, joka kerroksessa. Liitteessä 10 on esitetty yksinkertaisen rakenteen toimintaa ja selitetty, minkä suuruisia voimasuureiden tulisi olla jo esimerkissä mainitussa todella yksinkertaisessa rakenteessa. Pelkästään tällä esimerkillä voidaan jo osoittaa, miten eri tavalla analysointiohjelma käsittelee rakennetta verrattaessa tuloksia taulukkolaskentaan.

## 8 Yhteenveto

Käyttöystävällisyyden puolesta Excel-pohjalla toteutetulla laskentapohjalla on nopeampi toteuttaa laskelmat, jotka ovat selkeämpiä ja helpommin luettavissa. Jokaisen kuorman oma välilehti helpottaa tulosteiden lukemista, kun taas analyysimallissa kaikki on ympätty yhteen samaan nippuun, joka vaikeuttaa tulosten lukemista. Analyysimallin laadinnassa täytyi kiinnittää paljon huomiota mallin oikeaan mallinnustapaan, joka johti siihen, että malleja luotiin kahdella erilaisella ohjelmistolla ja niidenkin tuloksia vertailtiin keskenään. Malleja luotiin monia erilaisia ja kokoisia erilaisilla rakennemalliratkaisuilla, jotta saataisiin vertailtua erilaisten mallinnustapojen antamia arvoja. Jotkin mallinnustavat eivät sopineet ollenkaan itse analyysiohjelmalle, joka johti ohjelman jatkuvaan kaatumiseen liian raskaan mallin takia. Joissakin malleissa luotiin levyrakenteiden välille

todella jäykällä putkilla liitos, jotta analyysimallista olisi saatu tulostettua tuloksia vaakasaumoihin kohdistuvasta leikkausvoimasta. Tästä tehtiin päätelmä, että leikkausvoimien määrittämiseen tarvittavan mallin luominen on tarpeettoman raskasta ja aikaa vievää, jonka takia päädyttiin taulukkolaskennan antamiin tuloksiin. Mallinnukseen luotavien ohjeiden kannalta päädyttiin olla tekemättä ohjetta tähän työhön liitteeksi, koska kyseinen ohje olisi toisen opinnäytetyön arvoinen.

Vaikka opinnäytetyön yhteydessä syntyi todella kattava ja esiohjelmoinnin johdosta todella nopea Excel-taulukkolaskenta, jäi opinnäytetyöstä myös paljon kehitettävää tuleville vuosille. Yhtenä jatkokehityksenä linjattiin kuvassa 14 esiintyvän jäykistyssysteemin tapaisten rakenteiden liitosten voimasuureiden tarkempi mallintaminen kunhan ohjelmistot kehittyvät. Tästä käynnistettiin kehityshanke Insinööritoimisto FEMDATAn kanssa, jossa levyrakenteiden solmuvoimat voitaisiin tuoda laskentaohjelmasta ulos DXF-muodossa, jolloin tulkinnot olisivat yksiselitteisempiä ja helpommin rakenteisiin sijoitettavia. Loppujen lopuksi työn tekeminen oli todella raskas prosessi ja koko työhön käytettyjä tunteja kertyi nelinumeroisen luku ja kaikki tämä vain sen takia, että ymmärrettäisiin kantapään kautta se kuuluisa aina toistettu lause ”voimat jakautuvat seinien jäykkyyksien suhteessa”.

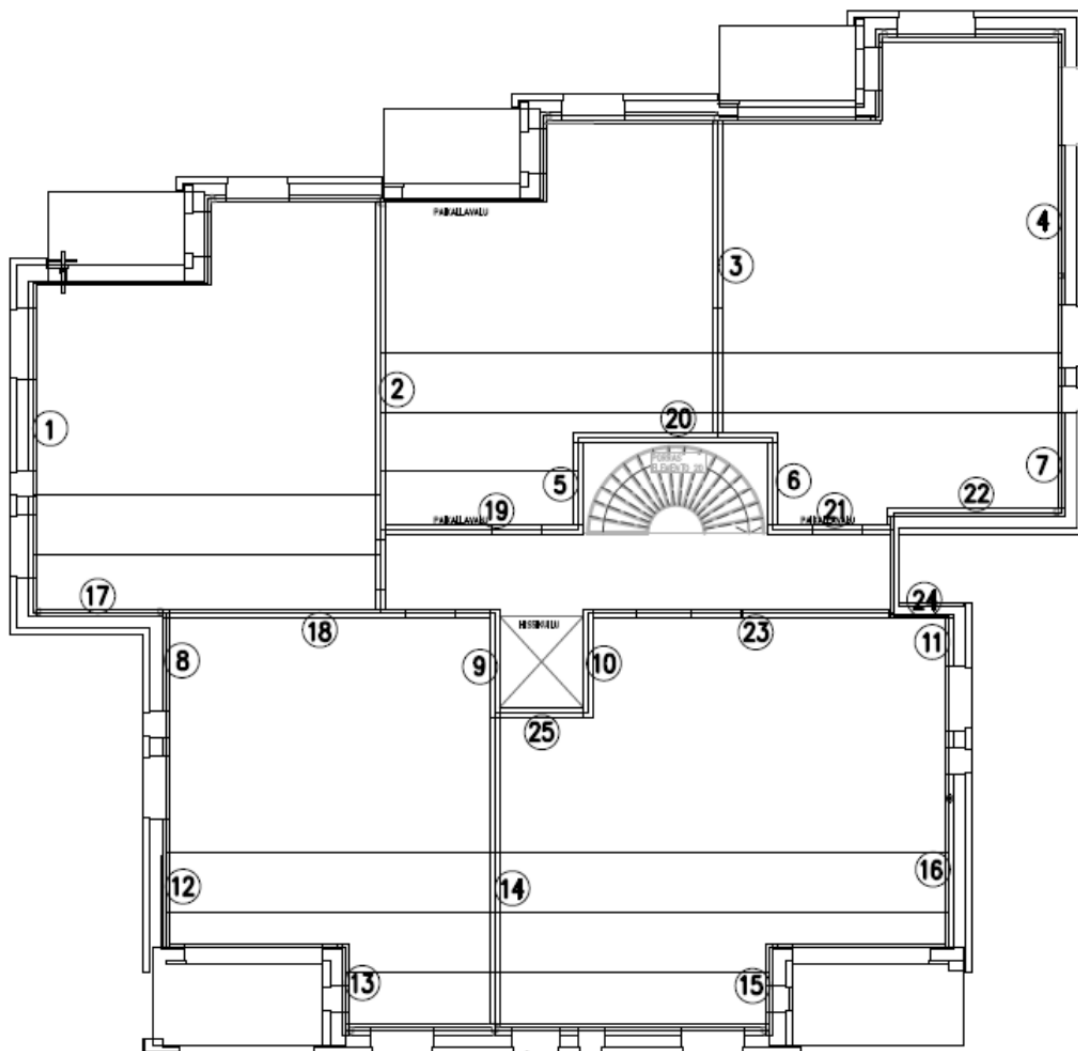


## Lähteet

- 1 SFS EN 1992-1-1+ AC. 2010. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 2 Saarinen Eero, Kinnunen Jukka, Tiira Seppo. 2.painos, 1992. BY 202, Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja, osa 3. Suomen Betoniyhdistys r.y.
- 3 Kustantaja: Suomen betonitieto Oy. 1995. Elementtirakennuksen jäykistys. Valmisosarakentaminen 2, osa G. Varmasti Betonista. Julkaisija: RTT Rakennustuoteteollisuus ry.
- 4 Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. 2008. RIL 201-1-2008, Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- 5 SFS EN 1990+ AC+ A1.2006. Eurokoodi: Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 6 SFS EN 1991-1-1+ AC. 2011. Eurokoodi1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat. Tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto
- 7 SFS EN 1991-1-3+AC. 2009. Eurokoodi1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 8 SFS EN 1991-1- 4+ AC+ A1. 2011. Eurokoodi 1:Rakenteiden kuormat.Osa 1- 4: Yleiset kuormat. Tuulikuorma. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 9 SFS EN 1991-1-6+ AC. 2008. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-6: Yleiset kuormat. Toteuttamisen aikaiset kuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 10 SFS EN 1991-1-7+ AC. 2007. Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset kuormat. Onnettomuuskuormat. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.
- 11 Betonteollisuus ry. 2010. Jäykistysjärjestelmät. 18.2.2010. Verkkodokumentti. <<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/22083/J%C3%A4ykistysj%C3%A4rjestelm%C3%A4t.pdf>>. Luettu 21.12.2013.
- 12 Kansallinen liite Standardiin, SFS-EN 1991-1-3 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat, Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat.
- 13 Kansallinen liite Standardiin, SFS-EN 1990 Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.

- 14 Lähteenmäki, Matti 2009. FES03: FEM- ohjelman analyysityypit. 27.5.2009. Verkkodokumentti.  
<<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F5GiAj/FES03.pdf>>. Luettu 10.1.2014.
- 15 Lähteenmäki, Matti 2009. FES01: Johdanto. Elementtiverkko. Solmusuureet. 27.5.2009. Verkkodokumentti.  
<<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/digma/5h5F5G0jJ/FES01.pdf>>. Luettu 10.1.2014.

## Esimerkkikohteen pohjapiirros



Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy

**Tuulikuorman laskenta:**

Työ nro: RAK-733

Pvm:

28.3.2014

SFS EN 1991-1-4

Rakennuksen sijainti: **Vantaa, Satomäki**Maastoluokka: **3** lk.

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h):	27,3	m
Leveys (b):	21,8	m
Syvyys (d):	21,1	m

Rakennuksen "korkeusluokka": **25-30** m  
 Puuskanopeuspaine  $q_{p0}(z)$  = **0,6638** kN/m<sup>2</sup>

Rakennekerroin saadaan viereisestä taulukosta:

CsCd.y = **0,91**CsCd.x = **0,91**Tehollisen hoikkuuden käytettävät arvot **tässä** kohteessa: $\lambda.y$  = **2,24** $\lambda.x$  = **2,31**Sivusuhte d/b = **0,97** TUULI SUUNNASTA Y**1,03** TUULI SUUNNASTA X

Interpoloidut sivusuhteearvot:

	d/h	
$\lambda$	0,97	1,03
1	1,30	1,27
3	1,40	1,37
10	1,51	1,48

Voimakertoimet eri tuulensuunnille:

C.fy = **1,36**C.fx = **1,34**

Tuulikuorman jakautuminen korkeussuunnassa:

$$P_w(z) = C_s C_d * C_f * q_p(z)$$

$$(SLS) P_{w,y}(z) = \mathbf{0,82} \text{ kN/m}^2$$

$$(SLS) P_{w,x}(z) = \mathbf{0,81} \text{ kN/m}^2$$

Laskelman tekijä: \_\_\_\_\_

Laskelman tarkastaja: \_\_\_\_\_

Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy

**Tuulikuorman laskenta, osa 2**

Työ nro: RAK-733

MUISTA VALITA TAPAUS!!! --&gt;

Kuorman kertymäkorkeus (m): KKK

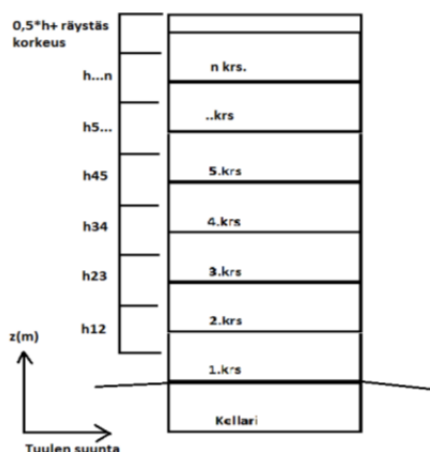
Tapaukset:

1. Kok. = Kokonaisleveys
2. LS-Väli = Liikuntasaumaväli(syötettävä erikseen)
3. Omapituus ( Syötettävä erikseen)

**HUOM! SLS**

KERROS	KKK:	Tapaus:	Omalev.	Kuorma/kerros			
				$\Sigma Y$ -suunta	Y-suunta	$\Sigma X$ -suunta	X-suunta
Pistemäinen tuulik. (IV-koneh./mainos/pyloni tms.)							
	3		0				
7.krs		1.Kok.		53,7	53,7	51,1	51,1 kN
h78	3		0				
6.krs		1.Kok.		107,4	53,7	102,1	51,1 kN
h67	3		0				
5.krs		1.Kok.		161,2	53,7	153,2	51,1 kN
h56	3		0				
4.krs		1.Kok.		214,9	53,7	204,3	51,1 kN
h45	3		0				
3.krs		1.Kok.		268,6	53,7	255,4	51,1 kN
h34	3		0				
2.krs		1.Kok.		322,3	53,7	306,4	51,1 kN
h23	3		0				
1.krs		1.Kok.		376,0	53,7	357,5	51,1 kN
h12	1,5		0				
0.krs		1.Kok.		402,9	26,9	383,0	25,5 kN

Kuormien kertymät:



Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy

**Lumikuorman laskenta:**Työ nro: **RAK-733**Pvm: **28.3.2014**

SFS-EN 1991-1-3

Rakennuksen sijainti: **Vantaa, Satomäki**

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h):

**27,3** m

Leveys (b):

**21,8** m

Syvyys (d):

**21,1** m

Kattotyyppi:

**Pulpettikatto**

Katon kaltevuuskulma(t):

 $\alpha.1 =$  **22** ast. $\alpha.2 =$  **22** ast.

Tuulensuojaisukerroin:

 $C.e =$  **1,0**

Lämpökerroin:

 $C.t =$  **1,0**

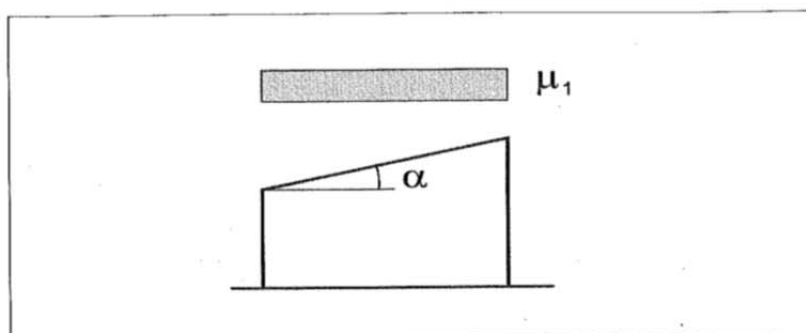
Lumikuorman muotokerroin:

 $\mu.1 =$  **0,8** **0,80** $\mu.2 =$  **1,39**

Lumikuorman ominaisarvo:

 $s.k =$  **2,75** kN/m<sup>2</sup>Katon lumikuorma [kN/m<sup>2</sup>]:

$$s = \mu_i C_e C_t s_k$$

 $s =$  **2,20** kN/m<sup>2</sup>**Kuva 5.2.** Pulpettikaton lumikuorman kuormituskaavio.

Laskelman tekijä: \_\_\_\_\_

Laskelman tarkastaja: \_\_\_\_\_

Insinööritoimisto Jouni Sorvoja Oy

**Pystysuuntaisten kuormien laskenta, katto:**

Työ nro:

RAK-733

Pvm:

11.4.2014

Rakennuksen luokka: **A** Asuin- ja majoitustilatKattotyyppi: **Pulpettikatto****KATTO**

Pysyvät kuormat, katto	A[m <sup>2</sup> ]	g1k[kN/m <sup>2</sup> ]	g2k[kN/m <sup>2</sup> ]	Gk[kN]
P27	250	3,8	5,1	1275
Varaukset	41,1	0,0	4,5	184,95
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
<b>Σ</b>				<b>1459,95 kN</b>

Hyötykuormat	A[m <sup>2</sup> ]	q1k[kN/m <sup>2</sup> ]	q2k[kN/m <sup>2</sup> ]	Qk[kN]
Lumikuorma	407	2,2		895,4
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
		0,0		0
<b>Σ</b>				<b>895,4 kN</b>

Laskelman tekijä: \_\_\_\_\_

Laskelman tarkastaja: \_\_\_\_\_







**Lisävaakavoiman laskenta:**

Työ nro:

RAK-733

Pvm:

28.3.2014

LÄHDE: SFS-EN 1992-1-1 s. 55

**Tapaus, jossa tuuli kohdistuu pidempää (b) sivua vasten (TUULI Y-SUUNTAAN):**

Rakennuksen tiedot:	Korkeus(h):	27,3	m
	Leveys (b):	21,8	m
	Syvyys (d):	21,1	m
Vaikuttavien seinien lkm:		9	kpl

Vinouden perusarvo:	$\theta.0 =$	0,005
Korkeudesta aiheutuva kerroin:	$\alpha.h =$	0,667
Rakennusosien määrän pienennyskerroin:	$\alpha.m =$	0,745
Vinouden kaava $\theta.i = \theta.0 * \alpha.h * \alpha.m$	$\theta.i =$	0,0025

Aiheutuva vaakavoima:	KATTO	H.gky =	3,627	kN
		H.qky =	2,225	kN

Kerroksia:	7	1.-7. krs	H.gky =	9,115	kN/kerros
			H.qky =	1,472	kN/kerros

KELLARI	H.gky =	21,084	kN
	H.qky =	1,148	kN
<hr/>			
	$\Sigma H.gky =$	88,5	kN
	$\Sigma H.qky =$	13,7	kN

**Tapaus, jossa tuuli kohdistuu lyhyempää (d) sivua vasten (TUULI X-SUUNTAAN):**

Vaikuttavien seinien lkm:	16	kpl
---------------------------	----	-----

Vinouden perusarvo:	$\theta.0 =$	0,005
Korkeudesta aiheutuva kerroin:	$\alpha.h =$	0,667
Rakennusosien määrän pienennyskerroin:	$\alpha.m =$	0,729
Vinouden kaava $\theta.i = \theta.0 * \alpha.h * \alpha.m$	$\theta.i =$	0,0024

Aiheutuva vaakavoima:	KATTO	H.gkx =	3,547	kN
		H.qkx =	2,175	kNs

1.-7. krs	H.gkx =	8,913	kN/kerros
	H.qkx =	1,440	kN/kerros

KELLARI	H.gkx =	20,617	kN
	H.qkx =	1,122	kN
<hr/>			
	$\Sigma H.gkx =$	86,6	kN
	$\Sigma H.qkx =$	13,4	kN

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ no: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 59,72 kN  
H<sub>gk</sub> = 3,63 kN  
H<sub>qk</sub> = 2,22 kN  
Σ = 59,57 kN

Rakennuksen tiedot:  
Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
Huonekorkeus: 3 m

TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 7 krs

Sinä	x	y	b	L	E	lx	ly	ky	kx	x <sup>2</sup> ky	y <sup>2</sup> kx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> *L <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> *L <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub> osiutus	H <sub>qk</sub> osiutus	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%-uormasta
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	MN	MN			kiertokesk	b/2-O(m)	kN	kNm			kiertymä	kN	kN	kN	kN	kN	%
<b>Y-suuntaiset seinät</b>																								
S1	0,45	0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		121,6		10,16	0,74	0,24	43,80184	25508,6		0,00005	-0,125	0,11	0,01	0,00	0,12	0,201
S2	7,518	0,2	8,26	C20/25	30000	9,993		31308,89		235380,2		10,16	0,74	28,37	43,80184	219323,4		0,00005	-3,947	22,03	1,49	0,91	24,48	41,001
S3	14,338	0,2	6,315	C20/25	30000	4,227		14124,31		202372,2		10,16	0,74	12,80	43,80184	744814,8		0,00005	2,801	14,07	0,95	0,58	15,60	26,108
S4	21,115	0,15	3,215	C20/25	30000	0,415		1384,02		29513,2		10,16	0,74	1,25	43,80184	172185,4		0,00005	0,735	1,79	0,12	0,07	1,99	3,341
S5	11,518	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		3143,8		10,16	0,74	0,25	43,80184	495,9		0,00005	0,018	0,24	0,02	0,01	0,26	0,445
S6	15,468	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		4221,9		10,16	0,74	0,25	43,80184	495,9		0,00005	0,018	0,24	0,02	0,01	0,26	0,445
S7	21,415	0,15	1,975	C20/25	30000	0,096		320,99		6841,9		10,16	0,74	0,29	43,80184	3908,1		0,00005	0,170	0,42	0,03	0,02	0,46	0,774
S8	3,15	0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		851,4		10,16	0,74	0,24	43,80184	13299,8		0,00005	-0,090	0,14	0,01	0,01	0,15	0,260
S9	9,818	0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		5807,9		10,16	0,74	0,54	43,80184	71,1		0,00005	-0,010	0,47	0,03	0,02	0,53	0,883
S10	11,718	0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		6931,8		10,16	0,74	0,54	43,80184	1427,2		0,00005	0,044	0,52	0,04	0,02	0,58	0,973
S11	19,085	0,15	0,975	C20/25	30000	0,012		38,62		735,1		10,16	0,74	0,03	43,80184	3038,6		0,00005	0,016	0,05	0,00	0,00	0,05	0,086
S12	3,15	0,15	2,63	C20/25	30000	0,227		757,98		2387,6		10,16	0,74	0,69	43,80184	37297,3		0,00005	-0,253	0,39	0,03	0,02	0,43	0,728
S13	6,793	0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		253,27		1770,4		10,16	0,74	0,23	43,80184	2879,3		0,00005	-0,041	0,17	0,01	0,01	0,19	0,317
S14	9,818	0,2	6,195	C20/25	30000	3,963		13208,44		129800,4		10,16	0,74	11,97	43,80184	1587,9		0,00005	-0,218	10,60	0,72	0,44	11,75	19,727
S15	15,393	0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		253,27		3898,5		10,16	0,74	0,23	43,80184	6923,0		0,00005	0,063	0,26	0,02	0,01	0,29	0,491
S16	19,095	0,15	3,52	C20/25	30000	0,545		1817,26		34591,5		10,16	0,74	1,65	43,80184	142985,2		0,00005	0,768	2,18	0,15	0,09	2,41	4,053
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	43,80184	0,0		0,00005	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	43,80184	0,0		0,00005	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	43,80184	0,0		0,00005	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	43,80184	0,0		0,00005	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Σ																59,57	91989,1		53,72006	3,637275			59,57	100,000

X-suuntaiset seinät

S17	8,925	0,15	2,55	C20/25	30000		0,00072	2,4	21,3	9,83	0,72	2,31	43,80184		2,0	0,00005	0,000		0,000
S18	8,9	0,2	6,643	C20/25	30000		0,00443	14,8	131,4	9,83	0,72	14,29	43,80184		12,7	0,00005	-0,001		-0,001
S19	10,6	0,2	4	C20/25	30000		0,00357	8,9	94,2	9,83	0,72	8,61	43,80184		5,3	0,00005	0,000		0,000
S20	12,5	0,2	4,15	C20/25	30000		0,00277	9,2	115,3	9,83	0,72	8,93	43,80184		65,8	0,00005	0,001		0,001
S21	10,6	0,2	2,482	C20/25	30000		0,00165	5,5	58,5	9,83	0,72	5,34	43,80184		3,3	0,00005	0,000		0,000
S22	10,95	0,15	3,622	C20/25	30000		0,00102	3,4	37,2	9,83	0,72	3,29	43,80184		4,3	0,00005	-0,001		-0,001
S23	8,9	0,2	6,03	C20/25	30000		0,00402	13,4	119,3	9,83	0,72	12,97	43,80184		11,6	0,00005	-0,001		-0,001
S24	8,84	0,08	1,26	C20/25	30000		0,00005	0,2	1,6	9,83	0,72	0,17	43,80184		0,2	0,00005	0,000		0,000
S25	6,9	0,2	1,7	C20/25	30000		0,00113	3,8	26,1	9,83	0,72	3,66	43,80184		32,4	0,00005	-0,001		-0,001
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000		0,00000	0,0	0,0	9,83	0,72	0,00	43,80184		0,0	0,00005	0,000		0,000
SXX	0	0																	

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ mer: RAK-753

Pvm:

3.4.2014

F<sub>alk</sub> = 107,44 kN  
H<sub>gk</sub> = 12,74 kN  
H<sub>gk</sub> = 3,70 kN  
Σ 123,88 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,1 m  
Syvyys (d): 3 m

# TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 6 krs

Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	kx	x <sup>2</sup> /ky	y <sup>2</sup> /kx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> /I <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> /I <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>gk</sub>	F <sub>k</sub> F <sub>s</sub>	%-huomautus
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>				(x)m kertokeik	b/2-O(m)	kN	kNm			kuuma	kN	kN	OSIUS	OSIUS	kN	%
y-suuntaiset seinät																							
S1	0,45		0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		121,6		10,16	0,74	0,51	91,08524	25508,6		0,00010	-0,260	0,22	0,03	0,01	0,25	0,201
S2	7,518		0,2	8,26	C20/25	30000	9,393		235380,2		10,16	0,74	59,00	91,08524	219323,4		0,00010	-8,208	44,05	5,22	1,52	30,79	41,001
S3	14,328		0,2	6,335	C20/25	30000	4,237		202373,2		10,16	0,74	26,62	91,08524	244814,8		0,00010	5,825	28,14	3,34	0,97	32,44	26,188
S4	21,315		0,15	3,215	C20/25	30000	0,415		29513,2		10,16	0,74	2,61	91,08524	177148,4		0,00010	1,529	3,59	0,43	0,12	4,14	3,341
S5	11,518		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		10,16	0,74	0,51	91,08524	499,9		0,00010	0,037	0,48	0,06	0,02	0,35	0,445
S6	15,468		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		4221,9		10,16	0,74	0,51	91,08524	7676,5		0,00010	0,143	0,57	0,07	0,02	0,66	0,531
S7	21,315		0,15	1,975	C20/25	30000	0,096		6841,9		10,16	0,74	0,60	91,08524	39908,1		0,00010	0,355	0,83	0,10	0,03	0,96	0,774
S8	3,15		0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		851,4		10,16	0,74	0,51	91,08524	13299,8		0,00010	-0,188	0,28	0,03	0,01	0,82	0,260
S9	9,818		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		5807,9		10,16	0,74	1,11	91,08524	71,1		0,00010	-0,020	0,95	0,11	0,03	1,09	0,883
S10	11,718		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		6931,8		10,16	0,74	1,11	91,08524	1427,2		0,00010	0,091	1,05	0,12	0,04	1,21	0,973
S11	19,035		0,15	0,975	C20/25	30000	0,012		735,1		10,16	0,74	0,07	91,08524	3038,6		0,00010	0,034	0,09	0,01	0,00	0,11	0,086
S12	3,15		0,15	2,63	C20/25	30000	0,227		2387,6		10,16	0,74	1,43	91,08524	37297,3		0,00010	-0,527	0,78	0,09	0,03	0,90	0,728
S13	6,93		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		1720,4		10,16	0,74	0,48	91,08524	2879,3		0,00010	-0,085	0,34	0,04	0,01	0,59	0,317
S14	9,818		0,2	6,195	C20/25	30000	3,963		129680,4		10,16	0,74	24,89	91,08524	1587,9		0,00010	-0,454	21,19	2,51	0,73	24,44	19,727
S15	15,593		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		3896,5		10,16	0,74	0,48	91,08524	6923,0		0,00010	0,131	0,53	0,06	0,02	0,61	0,491
S16	19,035		0,15	3,52	C20/25	30000	0,545		34591,5		10,16	0,74	3,42	91,08524	142985,2		0,00010	1,597	4,35	0,52	0,15	5,02	4,053
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0		10,16	0,74	0,00	91,08524	0,0		0,00010	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0		10,16	0,74	0,00	91,08524	0,0		0,00010	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0		10,16	0,74	0,00	91,08524	0,0		0,00010	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Σ								Σ 65737,21		Σ 668200,6			Σ 919889,1		Σ 137,47		Σ 0,00010	0,000	0,00	0,00	0,00	Σ 0,000	100,000

# X-suuntaiset seinät

S17		8,925	0,15	2,55	C20/25	30000		2,4			21,3	9,83	0,72	4,81	91,08524		2,0	0,00010	0,000					0,000
S18		8,9	0,2	6,643	C20/25	30000		14,8			131,4	9,83	0,72	29,72	91,08524		12,7	0,00010	-0,001					-0,001
S19		10,6	0,2	4	C20/25	30000		8,9			94,2	9,83	0,72	17,90	91,08524		5,3	0,00010	0,001					0,001
S20		12,5	0,2	4,15	C20/25	30000		9,2			115,3	9,83	0,72	18,57	91,08524		65,8	0,00010	0,002					0,002
S21		10,6	0,2	2,482	C20/25	30000		5,5			58,5	9,83	0,72	11,10	91,08524		3,3	0,00010	0,000					0,000
S22		10,95	0,15	3,622	C20/25	30000		3,4			37,2	9,83	0,72	6,84	91,08524		4,3	0,00010	0,000					0,000
S23		8,9	0,2	6,03	C20/25	30000		13,4			119,3	9,83	0,72	26,98	91,08524		11,6	0,00010	-0,001					-0,001
S24		8,84	0,08	1,26	C20/25	30000		0,2			1,6	9,83	0,72	0,36	91,08524		0,2	0,00010	0,000					0,000
S25		6,9	0,2	1,7	C20/25	30000		3,8			26,1	9,83	0,72	7,61	91,08524		32,4	0,00010	-0,001					-0,001
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,0			0,0	9,83	0,72	0,00	91,08524		0,0	0,00010	0,000					0,000
Σ							Σ 0,00000	Σ 61,5	Σ 604,8	Σ 137,47		Σ 0,0	Σ 9,83	Σ 0,72	Σ 0,00	Σ 91,08524	Σ 0,0	Σ 0,00010	Σ 0,000	Σ 0,00	Σ 0,00	Σ 0,00	Σ 0,000	Σ 0,000

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:



Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm: 3.4.2014

F<sub>wik</sub> = 161,16 kN  
H<sub>qk</sub> = 21,86 kN  
H<sub>qk</sub> = 5,17 kN  
Σ 188,19 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
Σ 3 m

TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 5 krs

Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	ky	kx	x'ky	y'kx	O	Sx	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> *k <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> *l <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>qk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k+F<sub>s</sub></sub>	%tuomasta
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>					(x)m keräiskesk	b/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	osuus kN	kN	kN	kN	%
y-suuntaiset seinät																								
S1	0,45	1,865	0,15	2,63	30000	0,081		270,29		121,6		10,16	0,74	0,77	138,3686	25508,6		0,00015	-0,395	0,32	0,04	0,01	0,38	0,201
S2	7,518	0,2	8,26	1,825	30000	9,393		31308,89		235380,2		10,16	0,74	89,63	138,3686	21923,4		0,00015	-12,470	66,08	8,96	2,12	77,16	41,001
S3	14,328	0,2	6,335	2,63	30000	4,237		14124,31		202373,2		10,16	0,74	40,43	138,3686	24814,8		0,00015	8,849	42,20	5,72	1,35	49,28	26,188
S4	21,315	0,15	3,215	2,63	30000	0,415		1384,62		29513,2		10,16	0,74	3,96	138,3686	172148,4		0,00015	2,323	5,38	0,73	0,17	6,29	3,341
S5	11,518	0,2	1,7	1,825	30000	0,082		272,94		3143,8		10,16	0,74	0,78	138,3686	499,9		0,00015	0,056	0,72	0,10	0,02	0,84	0,445
S6	15,468	0,2	1,7	1,825	30000	0,082		272,94		4221,9		10,16	0,74	0,78	138,3686	7676,5		0,00015	0,128	0,86	0,12	0,03	1,00	0,531
S7	21,315	0,15	1,975	2,63	30000	0,096		320,99		6841,9		10,16	0,74	0,92	138,3686	39908,1		0,00015	0,539	1,25	0,17	0,04	1,46	0,774
S8	3,15	0,15	1,865	2,63	30000	0,081		270,29		851,4		10,16	0,74	0,77	138,3686	13299,8		0,00015	-0,285	0,42	0,06	0,01	0,49	0,260
S9	9,818	0,2	2,2	2,2	30000	0,177		591,56		5807,9		10,16	0,74	1,69	138,3686	71,1		0,00015	-0,031	1,42	0,19	0,05	1,66	0,883
S10	11,718	0,2	2,2	2,2	30000	0,177		591,56		6931,8		10,16	0,74	1,69	138,3686	1477,2		0,00015	0,138	1,57	0,21	0,05	1,83	0,973
S11	19,035	0,15	0,975	2,63	30000	0,012		38,62		735,1		10,16	0,74	0,11	138,3686	3038,6		0,00015	-0,052	0,14	0,02	0,00	0,16	0,086
S12	3,15	0,15	2,63	2,63	30000	0,227		757,98		2387,6		10,16	0,74	2,17	138,3686	37297,3		0,00015	-0,800	1,17	0,16	0,04	1,37	0,728
S13	6,793	0,15	1,825	2,63	30000	0,076		253,27		1720,4		10,16	0,74	0,73	138,3686	2879,3		0,00015	-0,128	0,51	0,07	0,02	0,60	0,317
S14	9,818	0,2	6,195	1,825	30000	3,963		13208,44		129680,4		10,16	0,74	37,81	138,3686	15879,3		0,00015	-0,689	31,79	4,31	1,02	37,12	19,727
S15	15,393	0,15	1,825	2,63	30000	0,076		253,27		3898,5		10,16	0,74	0,73	138,3686	5933,0		0,00015	0,199	0,79	0,11	0,03	0,92	0,491
S16	19,035	0,15	3,52	2,63	30000	0,545		1817,26		34591,5		10,16	0,74	5,20	138,3686	14285,2		0,00015	2,426	6,53	0,89	0,21	7,83	4,053
SXX	0	0	0	0	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	138,3686	0,0		0,00015	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	0	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	138,3686	0,0		0,00015	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	0	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	138,3686	0,0		0,00015	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX	0	0	0	0	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	138,3686	0,0		0,00015	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Σ					30000	0,000		0,00		682200,6		10,16	0,74	0,00	138,3686	0,0		0,00015	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	100,000
Σ 65737,21																Σ 919389,1							Σ 188,19	

X-suuntaiset seinät

S17	8,925	0,15	2,55	2,55	30000							(y)	0,72	7,31	138,3686			2,0	0,00015	0,000			0,000	
S18	8,9	0,2	6,643	2,55	30000				14,8		131,4	9,83	0,72	45,15	138,3686			12,7	0,00015	-0,002			-0,002	
S19	10,6	0,2	4	4	30000				8,9		94,2	9,83	0,72	27,19	138,3686			5,3	0,00015	0,001			0,001	
S20	12,5	0,2	4,15	2,55	30000				9,2		115,3	9,83	0,72	28,20	138,3686			65,8	0,00015	0,004			0,004	
S21	10,6	0,2	2,482	2,55	30000				5,5		58,5	9,83	0,72	16,87	138,3686			3,3	0,00015	0,001			0,001	
S22	10,95	0,15	3,622	2,55	30000				3,4		37,2	9,83	0,72	10,38	138,3686			4,3	0,00015	0,001			0,001	
S23	8,9	0,2	6,03	2,55	30000				13,4		119,3	9,83	0,72	40,98	138,3686			11,6	0,00015	-0,002			-0,002	
S24	8,84	0,08	1,26	2,55	30000				0,2		1,6	9,83	0,72	0,55	138,3686			0,2	0,00015	0,000			0,000	
S25	6,9	0,2	1,7	2,55	30000				3,8		26,1	9,83	0,72	11,55	138,3686			32,4	0,00015	-0,002			-0,002	
SXX	0	0	0	0	30000				0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	138,3686			0,0	0,00015	0,000			0,000	
SXX	0	0	0	0	30000				0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	138,3686			0,0	0,00015	0,000			0,000	
SXX	0	0	0	0	30000				0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	138,3686			0,0	0,00015	0,000			0,000	
SXX	0	0	0	0	30000				0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	138,3686			0,0	0,00015	0,000			0,000	
Σ					30000				0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	138,3686			0,0	0,00015	0,000			0,000	
Σ 61,5																Σ 604,8							Σ 0,000	
Σ 137,47																Σ 137,47							Σ 0,000	

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm: 3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 214,58 kN  
H<sub>gk</sub> = 30,97 kN  
H<sub>qk</sub> = 6,64 kN  
Σ 252,49 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h):  
Leveys (b):  
Syvyys (d):

27,3 m  
21,8 m  
21,1 m  
3 m

TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 4.krs		Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	ky	kx	x'ly	y'kx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> ·k <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> ·k <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%luomasta
			[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>				[m] kiertokesk	b/2-O(m)	kN	kNm				kN	otous kN	otous kN	kN	kN	%
y-suuntaiset seinät																										
S1	0,45			0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		121,6		10,16	0,74	1,04	185,652	25508,6	0,00020	-0,530	0,43	0,06	0,01	0,51	0,201	
S2	7,518			0,2	8,26	C20/25	30000	9,393		31308,89		235380,2		10,16	0,74	120,26	185,652	219323,4	0,00020	-16,731	88,10	12,70	2,72	103,53	41,001	
S3	14,328			0,2	6,335	C20/25	30000	4,237		14124,31		202373,2		10,16	0,74	54,25	185,652	244814,8	0,00020	11,872	56,27	8,11	1,74	66,12	26,188	
S4	21,315			0,15	3,215	C20/25	30000	0,415		1384,62		29513,2		10,16	0,74	5,32	185,652	172148,4	0,00020	3,117	7,18	1,03	0,22	8,44	3,341	
S5	11,518			0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		3143,8		10,16	0,74	1,05	185,652	499,9	0,00020	0,075	0,96	0,14	0,03	1,12	0,445	
S6	15,468			0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		4221,9		10,16	0,74	1,05	185,652	7676,5	0,00020	0,392	1,14	0,16	0,04	1,34	0,531	
S7	21,315			0,15	1,975	C20/25	30000	0,096		320,99		6841,9		10,16	0,74	1,23	185,652	39988,1	0,00020	0,723	1,66	0,24	0,05	1,96	0,774	
S8	3,15			0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		851,4		10,16	0,74	1,04	185,652	13299,8	0,00020	-0,383	0,56	0,08	0,02	0,66	0,260	
S9	9,818			0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		5807,9		10,16	0,74	2,27	185,652	71,1	0,00020	-0,041	1,90	0,27	0,06	2,23	0,883	
S10	11,718			0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		6931,8		10,16	0,74	2,27	185,652	14277,2	0,00020	0,186	2,09	0,30	0,06	2,46	0,973	
S11	19,035			0,15	0,975	C20/25	30000	0,012		38,62		735,1		10,16	0,74	0,15	185,652	3038,6	0,00020	0,069	0,19	0,03	0,01	0,22	0,086	
S12	3,15			0,15	2,63	C20/25	30000	0,227		757,98		2387,6		10,16	0,74	2,91	185,652	37297,3	0,00020	-1,074	1,56	0,23	0,05	1,84	0,728	
S13	6,793			0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		253,27		1720,4		10,16	0,74	0,97	185,652	2879,3	0,00020	-0,172	0,68	0,10	0,02	0,80	0,317	
S14	9,818			0,2	6,195	C20/25	30000	3,963		13208,44		129680,4		10,16	0,74	50,73	185,652	15877,9	0,00020	-0,925	42,39	6,11	1,31	49,81	19,727	
S15	15,393			0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		253,27		3898,5		10,16	0,74	0,97	185,652	6923,0	0,00020	0,267	1,06	0,15	0,03	1,24	0,491	
S16	19,035			0,15	3,52	C20/25	30000	0,545		1817,26		34591,5		10,16	0,74	6,98	185,652	142985,2	0,00020	3,755	8,71	1,26	0,27	10,23	4,053	
SXX	0			0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	185,652	0,0	0,00020	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0			0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	185,652	0,0	0,00020	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0			0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	185,652	0,0	0,00020	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
Σ										685200,6										Σ						
										65737,21										Σ						
										919889,1										Σ						
										137,47										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						
										0,00										Σ						



Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 268,60 kN  
H<sub>gk</sub> = 40,09 kN  
H<sub>qk</sub> = 8,11 kN  
Σ 316,80 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
3 m

TUULIY-SUUNTAAN

KERROS: 3 krs

Seinä	x	y	b	i	E	lx	ly	ky	kx	x <sup>2</sup> /ky	y <sup>2</sup> /kx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> *l <sub>x</sub>	(y-O) <sup>2</sup> *l <sub>y</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%luomasta	
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>					(x/m) kertoakesk	b/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	kN	kN	kN	kN	%	
y-suuntaiset seinät																									
S1	0,45	1,865	0,15	1,865	C20/25	30000	0,081	270,29		121,6		10,16	0,74	1,30	232,9354	25508,6		0,00025	-0,665	0,54	0,08	0,02	0,64	0,201	
S2	7,518		0,2	8,26	C20/25	30000	9,393	31308,89		255380,2		10,16	0,74	150,88	232,9354	219323,4		0,00025	-20,992	110,13	16,44	3,33	129,89	41,001	
S3	14,328		0,2	6,395	C20/25	30000	4,237	14124,31		202373,2		10,16	0,74	68,07	232,9354	248418,8		0,00025	14,896	70,34	10,50	2,13	82,96	26,188	
S4	21,315		0,15	3,215	C20/25	30000	0,415	1384,62		29513,2		10,16	0,74	6,67	232,9354	172148,4		0,00025	3,911	8,97	1,34	0,27	10,98	3,341	
S5	11,518		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082	272,94		3143,8		10,16	0,74	1,32	232,9354	499,9		0,00025	0,094	1,19	0,18	0,04	1,41	0,445	
S6	15,468		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082	272,94		4221,9		10,16	0,74	1,32	232,9354	7676,5		0,00025	0,367	1,43	0,21	0,04	1,68	0,531	
S7	21,315		0,15	1,975	C20/25	30000	0,096	320,99		6841,9		10,16	0,74	1,55	232,9354	39908,1		0,00025	0,907	2,08	0,31	0,06	2,45	0,774	
S8	3,15		0,15	1,865	C20/25	30000	0,081	270,29		851,4		10,16	0,74	1,30	232,9354	13299,8		0,00025	-0,480	0,70	0,10	0,02	0,82	0,260	
S9	9,818		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177	591,56		5807,9		10,16	0,74	2,85	232,9354	71,1		0,00025	-0,052	2,37	0,35	0,07	2,80	0,883	
S10	11,718		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177	591,56		6931,8		10,16	0,74	2,85	232,9354	1427,2		0,00025	0,233	2,61	0,39	0,08	3,08	0,973	
S11	19,035		0,15	0,975	C20/25	30000	0,012	38,62		735,1		10,16	0,74	0,19	232,9354	3038,6		0,00025	0,087	0,23	0,03	0,01	0,27	0,086	
S12	3,15		0,15	2,63	C20/25	30000	0,227	757,98		2387,6		10,16	0,74	3,65	232,9354	37297,3		0,00025	-1,347	1,96	0,29	0,06	2,31	0,728	
S13	6,793		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076	253,27		1720,4		10,16	0,74	1,22	232,9354	2879,3		0,00025	-0,216	0,85	0,13	0,03	1,00	0,317	
S14	9,818		0,2	6,195	C20/25	30000	3,963	13208,44		129680,4		10,16	0,74	63,65	232,9354	1587,9		0,00025	-1,160	52,99	7,91	1,60	62,49	19,727	
S15	15,393		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076	253,27		3898,5		10,16	0,74	1,22	232,9354	6923,0		0,00025	0,335	1,32	0,20	0,04	1,56	0,491	
S16	19,035		0,15	3,52	C20/25	30000	0,545	1817,26		34591,5		10,16	0,74	8,76	232,9354	142985,2		0,00025	4,083	10,89	1,62	0,33	12,84	4,053	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	232,9354	0,0		0,00025	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX	0	0																							

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK/733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>wik</sub> = 322,32 kN  
H<sub>gk</sub> = 49,20 kN  
H<sub>qk</sub> = 9,59 kN  
Σ 381,11 kN

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h):  
Leveys (b):  
Syvyys (d):

27,3 m  
21,8 m  
21,1 m  
3 m

Huonekorkeus:

TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 2.krs

Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	ky	kx	x*ky	y*lx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> *k <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> *k <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%kuormasta	
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>					(xjm kierrosk <sub>0</sub>	b/2-O(m)	kN	kNm			kuuma	kN	kN	kN	kN	kN	%	
y-suuntaiset seinät																									
S1	0,45		0,15	1,865	C20/25	30000	0,081	270,29		121,6		10,16	0,74	1,57	280,2189	25508,6			0,00030	-0,800	0,65	0,10	0,02	0,77	0,201
S2	7,518		0,2	8,26	C20/25	30000	9,393	31308,89		235380,2		10,16	0,74	181,51	280,2189	219323,4			0,00030	-25,253	132,16	20,17	3,93	156,26	41,001
S3	14,328		0,2	6,335	C20/25	30000	4,237	14124,31		20273,2		10,16	0,74	81,88	280,2189	24814,8			0,00030	17,920	84,41	12,88	2,51	99,80	26,188
S4	21,315		0,15	3,215	C20/25	30000	0,415	1384,62		29513,2		10,16	0,74	8,03	280,2189	17218,4			0,00030	4,705	10,77	1,64	0,32	12,78	3,341
S5	11,518		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082	272,94		3143,8		10,16	0,74	1,58	280,2189	499,9			0,00030	0,113	1,43	0,22	0,04	1,69	0,445
S6	15,468		0,2	1,7	C20/25	30000	0,082	272,94		4221,9		10,16	0,74	1,58	280,2189	7676,5			0,00030	0,441	1,71	0,26	0,05	2,02	0,531
S7	21,315		0,15	1,975	C20/25	30000	0,096	320,99		6841,9		10,16	0,74	1,86	280,2189	39908,1			0,00030	1,091	2,50	0,38	0,07	2,95	0,774
S8	3,15		0,15	1,865	C20/25	30000	0,081	270,29		851,4		10,16	0,74	1,57	280,2189	13299,8			0,00030	-0,578	0,84	0,13	0,02	0,99	0,260
S9	9,818		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177	591,56		5807,9		10,16	0,74	3,43	280,2189	71,1			0,00030	-0,063	2,85	0,43	0,08	3,37	0,883
S10	11,718		0,2	2,2	C20/25	30000	0,177	591,56		6931,8		10,16	0,74	3,43	280,2189	1427,2			0,00030	0,280	3,14	0,48	0,09	3,71	0,973
S11	19,035		0,15	0,975	C20/25	30000	0,012	38,62		735,1		10,16	0,74	0,22	280,2189	3038,6			0,00030	0,104	0,28	0,04	0,01	0,33	0,086
S12	3,15		0,15	2,63	C20/25	30000	0,227	757,98		2387,6		10,16	0,74	4,39	280,2189	37297,3			0,00030	-1,520	2,35	0,36	0,07	2,77	0,728
S13	6,793		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076	253,27		1770,4		10,16	0,74	1,47	280,2189	2879,3			0,00030	-0,260	1,02	0,16	0,03	1,21	0,317
S14	9,818		0,2	6,195	C20/25	30000	3,983	13208,44		139804,4		10,16	0,74	76,58	280,2189	1587,9			0,00030	1,396	63,58	9,71	1,89	75,18	19,727
S15	15,393		0,15	1,825	C20/25	30000	0,076	253,27		3898,5		10,16	0,74	1,47	280,2189	6923,0			0,00030	0,404	1,58	0,24	0,05	1,87	0,491
S16	19,035		0,15	3,52	C20/25	30000	0,545	1817,26		34591,5		10,16	0,74	10,54	280,2189	142985,2			0,00030	4,912	13,06	1,99	0,39	15,45	4,053
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	280,2189	0,0			0,00030	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	280,2189	0,0			0,00030	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	280,2189	0,0			0,00030	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	280,2189	0,0			0,00030	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Σ 668200,6																	Σ 919389,1						Σ 381,11	100,000	

X-suuntaiset seinät

8,925	0,15	2,55	C20/25	30000		0,00072		2,4		21,3	0,72	14,81	280,2189		2,0	0,00030	-0,001							-0,001
S17		8,9	0,2	6,643	C20/25	30000		0,00443		14,8		131,4	0,72	91,43	280,2189		12,7	0,00030	-0,004					-0,004
S18		10,6	0,2	4	C20/25	30000		0,00267		8,9		94,2	0,72	55,05	280,2189		5,3	0,00030	0,002					0,002
S19		12,5	0,2	4,15	C20/25	30000		0,00277		9,2		115,3	0,72	57,12	280,2189		65,8	0,00030	0,008					0,008
S20		10,6	0,2	2,482	C20/25	30000		0,00165		5,5		58,5	0,72	34,16	280,2189		3,3	0,00030	0,001					0,001
S21		10,95	0,15	3,622	C20/25	30000		0,00102		3,4		37,2	0,72	21,03	280,2189		4,3	0,00030	0,001					0,001
S22		8,9	0,2	6,03	C20/25	30000		0,00402		13,4		119,3	0,72	82,99	280,2189		11,6	0,00030	-0,004					-0,004
S23		8,84	0,08	1,26	C20/25	30000		0,00005		0,2		1,6	0,72	1,11	280,2189		0,2	0,00030	0,000					0,000
S24		6,9	0,2	1,7	C20/25	30000		0,00113		3,8		26,1	0,72	23,40	280,2189		32,4	0,00030	-0,003					-0,003
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0		0,0	0,72	0,00	280,2189		0,0	0,00030	0,000					0,000
SXX	0	0	0	0	C20/25	30000		0,00000		0,0														

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:





Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 402,90 kN  
H<sub>gk</sub> = 88,51 kN  
H<sub>qk</sub> = 13,68 kN  
Σ 505,09 kN

Korkeus (h): 27,2 m  
Leveys (b): 21,5 m  
Syvyys (d): 21,1 m

F<sub>w</sub> = 37,2 m  
H<sub>g</sub> = 21,5 m  
H<sub>q</sub> = 3 m

Rakennuksen tiedot:

Huonekorkeus:

# TUULI Y-SUUNTAAN

KERROS: 0.krs

Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	ky	kx	x'ly	y'lx	O	Sx	Fs	Mk	(x-O)²+lx,y	(y-O)²+ly,x	φ	Fk	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%-kuormasta
	[m]	m	m	m	MN/m²	m⁴	m⁴					(x-m) kierrosk	b/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	kN	kN	kN	kN	%
<b>y-suuntaiset seinät</b>																								
S1	0,45	0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		121,6		10,16	0,74	2,08	371,3825	25508,6		0,00040	-1,061	0,81	0,18	0,03	1,02	0,201
S2	7,518	0,2	8,26	C20/25	30000	9,393		31108,89		235380,2		10,16	0,74	240,56	371,3825	219323,4		0,00040	-33,468	165,19	36,29	5,61	207,09	41,001
S3	14,318	0,2	6,335	C20/25	30000	4,237		14174,31		209373,2		10,16	0,74	108,52	371,3825	244814,8		0,00040	21,750	105,51	23,18	3,58	132,27	26,188
S4	21,315	0,15	3,215	C20/25	30000	0,415		1384,62		29513,2		10,16	0,74	10,64	371,3825	172148,4		0,00040	6,236	13,46	2,96	0,46	16,87	3,341
S5	11,518	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		3143,8		10,16	0,74	2,10	371,3825	499,9		0,00040	0,149	1,79	0,39	0,06	2,25	0,445
S6	15,468	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,94		4221,9		10,16	0,74	2,10	371,3825	499,9		0,00040	0,149	1,79	0,39	0,06	2,25	0,445
S7	21,315	0,15	1,975	C20/25	30000	0,096		320,59		6841,9		10,16	0,74	2,47	371,3825	39908,1		0,00040	1,446	3,12	0,69	0,11	3,91	0,774
S8	3,15	0,15	1,865	C20/25	30000	0,081		270,29		851,4		10,16	0,74	2,08	371,3825	13299,8		0,00040	-0,766	1,05	0,23	0,04	1,31	0,260
S9	9,818	0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		5807,9		10,16	0,74	4,55	371,3825	71,1		0,00040	-0,083	3,56	0,78	0,12	4,46	0,883
S10	11,718	0,2	2,2	C20/25	30000	0,177		591,56		6931,8		10,16	0,74	4,55	371,3825	1427,2		0,00040	0,371	3,92	0,86	0,13	4,92	0,973
S11	19,035	0,15	0,975	C20/25	30000	0,012		38,62		735,1		10,16	0,74	0,30	371,3825	3038,6		0,00040	0,138	0,35	0,08	0,01	0,44	0,086
S12	3,15	0,15	2,63	C20/25	30000	0,227		757,98		2387,6		10,16	0,74	5,82	371,3825	37297,3		0,00040	-2,147	2,93	0,64	0,10	3,68	0,728
S13	6,793	0,15	1,835	C20/25	30000	0,076		253,27		1720,4		10,16	0,74	1,95	371,3825	2879,3		0,00040	-0,345	1,28	0,28	0,04	1,60	0,317
S14	9,818	0,2	6,195	C20/25	30000	3,963		13208,44		129680,4		10,16	0,74	101,49	371,3825	1587,9		0,00040	-1,850	79,48	17,46	2,70	95,64	19,277
S15	15,393	0,15	1,825	C20/25	30000	0,076		253,27		3986,5		10,16	0,74	1,95	371,3825	6923,0		0,00040	0,535	1,98	0,43	0,07	2,48	0,491
S16	19,035	0,15	3,52	C20/25	30000	0,545		1817,26		34591,5		10,16	0,74	13,96	371,3825	142985,2		0,00040	6,510	16,33	3,59	0,55	20,47	4,053
SXK	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	371,3825	0,0		0,00040	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXK	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	371,3825	0,0		0,00040	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXK	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	371,3825	0,0		0,00040	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXK	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	371,3825	0,0		0,00040	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Σ					30000	0,000		0,00		0,0		10,16	0,74	0,00	371,3825	0,0		0,00040	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
Σ					30000	0,000		0,00		668200,6		Σ			Σ	919389,1						Σ	505,09	100,000

# x-suuntaiset seinät

X-Summaabst. seriell	S17	8,925	0,15	2,55	C20/25	30000			2,4		21,3	9,83	0,72	19,62	371,3825		2,0	0,00040	-0,001					-0,001
	S18	8,9	0,2	6,643	C20/25	30000			14,8		131,4	9,83	0,72	121,18	371,3825		12,7	0,00040	-0,006					-0,006
	S19	10,6	0,2	4	C20/25	30000			8,9		94,2	9,83	0,72	72,97	371,3825		5,3	0,00040	0,003					0,003
	S20	12,5	0,2	4,15	C20/25	30000			9,2		115,3	9,83	0,72	75,70	371,3825		65,8	0,00040	0,010					0,010
	S21	10,6	0,2	2,482	C20/25	30000			5,5		58,5	9,83	0,72	45,28	371,3825		3,3	0,00040	0,002					0,002
	S22	10,95	0,15	3,622	C20/25	30000			3,4		37,2	9,83	0,72	27,87	371,3825		4,3	0,00040	0,002					0,002
	S23	8,9	0,2	6,03	C20/25	30000			13,4		119,3	9,83	0,72	110,00	371,3825		11,6	0,00040	-0,005					-0,005
	S24	8,84	0,08	1,26	C20/25	30000			0,2		1,6	9,83	0,72	1,47	371,3825		0,2	0,00040	0,000					0,000
	S25	6,9	0,2	1,7	C20/25	30000			3,8		26,1	9,83	0,72	31,01	371,3825		32,4	0,00040	-0,004					-0,004
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0,000					0,000
	SXK	0	0	0	C20/25	30000			0,0		0,0	9,83	0,72	0,00	371,3825		0,0	0,00040	0					



Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>vak</sub> = 51,07 kN  
H<sub>gk</sub> = 3,55 kN  
H<sub>qk</sub> = 2,18 kN  
Σ 56,79 kN

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
3 m

Huonekorkeus:

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 7 / krs

Seinä	x	y	b	i	E	Ix	Iy	kx	ky	x <sup>2</sup> /y	y <sup>2</sup> /x	O	S.x	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> +y <sup>2</sup>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%kuormia
y-suuntaiset seinät																							
S1		0,45	0,15	1,865	C20/25	30000		1,75		0,786797	11,20	-0,65	1,21	-36,6905		201,9	-0,00062	0,012	0,01	0,00	0,00	0,01	0,020
S2		7,518	0,2	8,26	C20/25	30000		18,36		137,9971	11,20	-0,65	12,71	-36,6905		248,3	-0,00062	0,042	0,04	0,00	0,00	0,04	0,074
S3		14,328	0,2	6,335	C20/25	30000		14,08		201,7064	11,20	-0,65	9,75	-36,6905		138,1	-0,00062	-0,027	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,048
S4		21,315	0,15	3,215	C20/25	30000		3,01		64,2474	11,20	-0,65	2,09	-36,6905		308,6	-0,00062	-0,019	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,033
S5		11,518	0,2	1,7	C20/25	30000		3,78		43,51244	11,20	-0,65	2,62	-36,6905		0,4	-0,00062	-0,001	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,001
S6		15,468	0,2	1,7	C20/25	30000		3,78		58,43467	11,20	-0,65	2,62	-36,6905		68,9	-0,00062	-0,010	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,018
S7		21,315	0,15	1,975	C20/25	30000		1,85		39,46605	11,20	-0,65	1,28	-36,6905		189,6	-0,00062	-0,012	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,020
S8		3,15	0,15	1,865	C20/25	30000		1,75		5,507578	11,20	-0,65	1,21	-36,6905		113,2	-0,00062	0,009	0,01	0,00	0,00	0,01	0,015
S9		9,818	0,2	2,2	C20/25	30000		4,89		47,99911	11,20	-0,65	3,39	-36,6905		9,3	-0,00062	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	0,007
S10		11,718	0,2	2,2	C20/25	30000		4,89		57,288	11,20	-0,65	3,39	-36,6905		1,3	-0,00062	-0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,003
S11		19,035	0,15	0,975	C20/25	30000		0,91		17,39918	11,20	-0,65	0,63	-36,6905		56,2	-0,00062	-0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,008
S12		3,15	0,15	2,63	C20/25	30000		2,47		7,766719	11,20	-0,65	1,71	-36,6905		159,6	-0,00062	0,012	0,01	0,00	0,00	0,01	0,022
S13		6,793	0,15	1,825	C20/25	30000		1,71		11,6224	11,20	-0,65	1,19	-36,6905		33,2	-0,00062	0,005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,008
S14		9,818	0,2	6,195	C20/25	30000		13,77		135,1611	11,20	-0,65	9,54	-36,6905		26,1	-0,00062	0,012	0,01	0,00	0,00	0,01	0,021
S15		15,393	0,15	1,825	C20/25	30000		1,71		26,33646	11,20	-0,65	1,19	-36,6905		30,1	-0,00062	-0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,008
S16		19,035	0,15	3,52	C20/25	30000		3,30		62,8155	11,20	-0,65	2,29	-36,6905		202,8	-0,00062	-0,016	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,028
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-36,6905		0,0	-0,00062	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-36,6905		0,0	-0,00062	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-36,6905		0,0	-0,00062	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-36,6905		0,0	-0,00062	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000

x-suuntaiset seinät																									
S17	12,21	0,15	2,55	C20/25	30000	0,207					(y)		0,99	-59,60914	257,5			-0,00101	-0,424	0,505	0,035	0,021	0,561	0,99	
S18	12,235	0,2	6,643	C20/25	30000	4,886		690,9	16286,2	199261,9	11,60	-1,05	23,22	-59,60914	6576,3			-0,00101	-10,402	11,529	0,801	0,491	12,821	22,57	
S19	10,535	0,2	4	C20/25	30000	1,067		3555,6	37457,8	37457,8	11,60	-1,05	5,07	-59,60914	4029,4			-0,00101	3,804	7,980	0,554	0,340	8,874	15,62	
S20	8,635	0,2	4,15	C20/25	30000	1,191		849,4	3970,7	34287,4	11,60	-1,05	5,66	-59,60914	34897,1			-0,00101	11,831	15,731	1,093	0,132	0,081	17,493	30,80
S21	10,535	0,2	2,482	C20/25	30000	0,255		849,4	3970,7	34287,4	11,60	-1,05	1,21	-59,60914	962,6			-0,00101	0,909	1,906	0,132	0,081	2,120	3,73	
S22	10,185	0,15	3,622	C20/25	30000	0,594		1979,9	20164,9	20164,9	11,60	-1,05	2,82	-59,60914	3961,6			-0,00101	2,815	5,070	0,352	0,216	5,688	9,93	
S23	12,235	0,2	6,03	C20/25	30000	3,654		12180,9	149033,3	149033,3	11,60	-1,05	17,37	-59,60914	4918,6			-0,00101	-7,780	8,623	0,599	0,367	9,589	16,88	
S24	12,295	0,08	1,26	C20/25	30000	0,013		44,5	546,5	546,5	11,60	-1,05	0,06	-59,60914	21,5			-0,00101	-0,031	0,029	0,002	0,001	0,032	0,06	
S25	14,235	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082		272,9	3885,4	3885,4	11,60	-1,05	0,39	-59,60914	1895,8			-0,00101	-0,723	-0,300	-0,021	-0,013	-0,334	-0,59	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-59,60914	0,0			-0,00101	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0	
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000		0,0	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,												

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ no: RAK-733

Pvm: 3.4.2014

F<sub>wik</sub> = 103,14 kN  
H<sub>qk</sub> = 12,46 kN  
H<sub>qk</sub> = 9,62 kN  
Σ 118,22 kN

Rakennuksen tiedot:  
Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
Huonekorkeus: 3 m

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 6.krs

Seinä	x	y	b	l	E	lx	ly	ky	kx	x'ky	y'kx	O	S.x	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O)*2*k <sub>y</sub>	(y-O)*2*k <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>ik</sub> +F <sub>s</sub>	%-kuormasta	
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>				kiilma	d/2-O(m)	kN	kNm	kNm							kN	%	
y-suuntaiset seinät																								
S1		0,45	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75		0,786797	11,20	-0,65	2,52	-76,37226		201,9	-0,00129	0,024	0,02	0,00	0,00	0,02	0,020
S2		7,518	0,2	8,26	C20/25	30000			18,36		137,9971	11,20	-0,65	26,46	-76,37226		248,3	-0,00129	0,087	0,08	0,01	0,00	0,09	0,074
S3		14,328	0,2	6,335	C20/25	30000			14,08		201,7064	11,20	-0,65	20,30	-76,37226		138,1	-0,00129	-0,057	-0,05	-0,01	0,00	-0,06	-0,048
S4		21,315	0,15	3,215	C20/25	30000			3,01		64,24474	11,20	-0,65	4,35	-76,37226		308,6	-0,00129	-0,039	-0,03	0,00	0,00	-0,04	-0,033
S5		11,518	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78		43,51244	11,20	-0,65	5,45	-76,37226		0,4	-0,00129	-0,002	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,001
S6		15,468	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78		58,43467	11,20	-0,65	5,45	-76,37226		68,9	-0,00129	-0,021	-0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,018
S7		21,315	0,15	1,975	C20/25	30000			1,85		39,46605	11,20	-0,65	2,67	-76,37226		189,6	-0,00129	-0,024	-0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,020
S8		3,15	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75		5,507578	11,20	-0,65	2,52	-76,37226		113,2	-0,00129	0,018	0,02	0,00	0,00	0,02	0,015
S9		9,818	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89		47,99911	11,20	-0,65	7,05	-76,37226		9,3	-0,00129	0,009	0,01	0,00	0,00	0,01	0,007
S10		11,718	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89		57,288	11,20	-0,65	7,05	-76,37226		1,3	-0,00129	-0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,003
S11		19,035	0,15	0,975	C20/25	30000			0,91		17,39918	11,20	-0,65	1,32	-76,37226		56,2	-0,00129	-0,009	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,008
S12		3,15	0,15	2,63	C20/25	30000			2,47		7,766719	11,20	-0,65	3,55	-76,37226		159,6	-0,00129	0,026	0,02	0,00	0,00	0,03	0,022
S13		6,793	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71		11,6224	11,20	-0,65	2,47	-76,37226		33,2	-0,00129	0,010	0,01	0,00	0,00	0,01	0,008
S14		9,818	0,2	6,195	C20/25	30000			13,77		135,1611	11,20	-0,65	19,85	-76,37226		26,1	-0,00129	0,024	0,02	0,00	0,00	0,02	0,021
S15		15,993	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71		26,33646	11,20	-0,65	2,47	-76,37226		30,1	-0,00129	-0,009	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,008
S16		19,035	0,15	3,52	C20/25	30000			3,30		62,8155	11,20	-0,65	4,76	-76,37226		202,8	-0,00129	-0,033	-0,03	0,00	0,00	-0,03	-0,028
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-76,37226		0,0	-0,00129	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nr: RAK-733

Pm:

3.4.2014

F<sub>wik</sub> = 153,22 kN  
H<sub>qk</sub> = 21,37 kN  
H<sub>qk</sub> = 5,08 kN  
Σ 179,65 kN

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h):  
Leveys (b):  
Syvyys (d):

27,3 m  
21,3 m  
3 m

Huonekorkeus:

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 5.krs

Seinä	x	y	b	i	E	Ix	Iy	ky	kx	x <sup>2</sup> /y	y <sup>2</sup> /x	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-Q) <sup>2</sup> /k <sub>y</sub>	(y-Q) <sup>2</sup> /k <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%luomasta	Y-suuntaiset seinät	
																									m	m
S1		0,45	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75		0,786797	11,20	-0,65	3,83	-116,054	201,9	-0,00196	0,037	0,03					0,04	0,020	
S2		7,518	0,2	8,26	C20/25	30000			13,36		137,9971	11,20	-0,65	40,21	-116,054	248,3	-0,00196	0,132	0,11	0,02	0,00	0,00	0,13	0,074		
S3		14,228	0,2	6,335	C20/25	30000			14,08		201,7064	11,20	-0,65	30,84	-116,054	136,1	-0,00196	-0,086	-0,07	-0,01	0,00	0,00	-0,09	-0,048		
S4		21,315	0,15	3,215	C20/25	30000			3,01		64,2424	11,20	-0,65	6,60	-116,054	308,6	-0,00196	-0,002	-0,05	-0,01	0,00	0,00	-0,06	-0,033		
S5		11,518	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78		43,51244	11,20	-0,65	8,28	-116,054	0,4	-0,00196	-0,002	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,001		
S6		15,468	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78		58,43467	11,20	-0,65	8,28	-116,054	68,9	-0,00196	-0,002	-0,03	0,00	0,00	0,00	-0,03	-0,018		
S7		21,315	0,15	1,975	C20/25	30000			1,85		39,46605	11,20	-0,65	4,06	-116,054	189,6	-0,00196	-0,037	-0,03	0,00	0,00	0,00	-0,04	-0,020		
S8		3,15	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75		5,507578	11,20	-0,65	3,83	-116,054	113,2	-0,00196	0,028	0,02	0,00	0,00	0,00	0,03	0,015		
S9		9,818	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89		47,99911	11,20	-0,65	10,71	-116,054	9,3	-0,00196	0,013	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,007		
S10		11,718	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89		57,288	11,20	-0,65	10,71	-116,054	1,3	-0,00196	-0,005	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,003		
S11		19,035	0,15	0,975	C20/25	30000			0,91		17,89918	11,20	-0,65	2,00	-116,054	56,2	-0,00196	-0,014	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,008		
S12		3,15	0,15	2,63	C20/25	30000			2,47		7,766719	11,20	-0,65	5,40	-116,054	159,6	-0,00196	0,039	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,022		
S13		6,793	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71		11,6224	11,20	-0,65	3,75	-116,054	33,2	-0,00196	0,015	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,008		
S14		9,818	0,2	6,195	C20/25	30000			13,77		135,1611	11,20	-0,65	30,16	-116,054	26,1	-0,00196	0,037	0,03	0,00	0,00	0,00	0,04	0,021		
S15		15,393	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71		26,33646	11,20	-0,65	3,75	-116,054	30,1	-0,00196	-0,014	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,008		
S16		19,035	0,15	3,52	C20/25	30000			3,30		62,8155	11,20	-0,65	7,23	-116,054	202,8	-0,00196	-0,051	-0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,05	-0,028		
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-116,054	0,0	-0,00196	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000		
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-116,054	0,0	-0,00196	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000		
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-116,054	0,0	-0,00196	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000		
SXX		0	0	0	C20/25	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-116,054	0,0	-0,00196	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000		
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										
Σ																										

X-suuntaiset seinät																								
S17	12,21		0,15	2,55	C20/25	30000	0,207					(y)	3,12	-188,5469	257,5		-0,00318	-1,341	1,514	0,211	0,050	1,775	0,99	
S18	12,235		0,2	6,643	C20/25	30000	4,886			199261,9		11,60	-1,05	73,45	-188,5469	6576,3		-0,00318	-32,901	34,587	4,825	1,141	40,553	22,57
S19	10,535		0,2	4	C20/25	30000	1,067			37457,8		11,60	-1,05	16,04	-188,5469	4029,4		-0,00318	12,033	23,540	3,359	0,790	28,069	15,62
S20	8,635		0,2	4,15	C20/25	30000	1,191			34287,8		11,60	-1,05	17,91	-188,5469	34897,1		-0,00318	37,423	47,192	6,583	1,557	59,532	30,80
S21	10,535		0,2	2,482	C20/25	30000	0,255			8948,9		11,60	-1,05	3,83	-188,5469	962,6		-0,00318	2,875	5,719	0,798	0,189	6,706	3,73
S22	10,185		0,15	3,622	C20/25	30000	0,594			20764,9		11,60	-1,05	8,93	-188,5469	4961,6		-0,00318	8,903	15,210	2,122	0,502	17,833	9,33
S23	12,235		0,2	6,03	C20/25	30000	3,654			149033,3		11,60	-1,05	54,94	-188,5469	4916,6		-0,00318	-24,607	25,869	3,609	0,854	30,331	16,88
S24	12,235		0,08	1,26	C20/25	30000	0,013			546,5		11,60	-1,05	0,20	-188,5469	21,5		-0,00318	-0,098	0,087	0,012	0,003	0,102	0,06
SXX	0		0	1,7	C20/25	30000	0,082			3885,4		11,60	-1,05	1,23	-188,5469	1895,8		-0,00318	0,000	0,000	-0,126	-0,030	-1,056	-0,59
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0		0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		11,60	-1,05	0,00	-188,5469	0,0		-0,00318	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX																								

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:



Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Typo mno: RAK-733 Pvm: 3.4.2014

F<sub>vak</sub> = 204,29 kN  
H<sub>gk</sub> = 30,29 kN  
H<sub>gk</sub> = 6,50 kN  
Σ 241,07 kN

Rakennuksen tiedot:  
Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m

Huonekorkeus:

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 4.krs

Seinä	x	y	b	i	E	ix	iy	kx	ky	x*ky	y*kx	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> *k <sub>x</sub>	(y-O) <sup>2</sup> *k <sub>y</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>gk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%huomasta	
	[m]	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>					(xjm) Metroskes	d/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	kN	gNus kN	gNus kN	kN	%	
y-suuntaiset seinät																									
S1		0,45	0,15	1,865	30000			1,75		0,786797	11,20	-0,65	5,14	-155,7358	201,9	-0,00263	0,049	0,04	0,01	0,00	0,00	0,05	0,020		
S2		7,518	0,2	8,26	30000			18,36		137,9971	11,20	-0,65	53,96	-155,7358	248,3	-0,00263	0,177	0,15	0,02	0,00	0,00	0,18	0,074		
S3		14,328	0,2	6,335	30000			14,08		201,7064	11,20	-0,65	41,39	-155,7358	138,1	-0,00263	-0,116	-0,10	-0,01	0,00	0,00	-0,12	-0,048		
S4		21,315	0,15	3,215	30000			3,01		64,24474	11,20	-0,65	8,86	-155,7358	308,6	-0,00263	-0,080	-0,07	-0,01	0,00	0,00	-0,08	-0,033		
S5		11,518	0,2	1,7	30000			3,78		43,51244	11,20	-0,65	11,11	-155,7358	0,4	-0,00263	-0,003	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,001		
S6		15,468	0,2	1,7	30000			3,78		58,43467	11,20	-0,65	11,11	-155,7358	68,9	-0,00263	-0,042	-0,04	-0,01	0,00	0,00	-0,04	-0,018		
S7		21,315	0,15	1,975	30000			1,85		39,46605	11,20	-0,65	5,44	-155,7358	189,6	-0,00263	0,049	-0,04	-0,01	0,00	0,00	0,05	-0,020		
S8		3,15	0,15	1,865	30000			1,75		5,507578	11,20	-0,65	5,14	-155,7358	113,2	-0,00263	0,037	0,03	0,00	0,00	0,04	0,015			
S9		9,818	0,2	2,2	30000			4,89		47,99911	11,20	-0,65	14,37	-155,7358	9,3	-0,00263	0,018	0,01	0,00	0,00	0,02	0,007			
S10		11,718	0,2	2,2	30000			4,89		57,288	11,20	-0,65	14,37	-155,7358	1,3	-0,00263	-0,007	-0,01	0,00	0,00	0,00	-0,003			
S11		19,035	0,15	0,975	30000			0,91		17,39918	11,20	-0,65	2,69	-155,7358	56,2	-0,00263	-0,019	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,02	-0,008		
S12		3,15	0,15	2,63	30000			2,47		7,166719	11,20	-0,65	7,25	-155,7358	159,6	-0,00263	0,052	0,04	0,01	0,00	0,05	0,022			
S13		6,793	0,15	1,825	30000			1,71		11,6224	11,20	-0,65	5,03	-155,7358	33,2	-0,00263	0,020	0,02	0,00	0,00	0,02	0,008			
S14		9,818	0,2	6,195	30000			13,77		135,1611	11,20	-0,65	40,47	-155,7358	26,1	-0,00263	0,050	0,04	0,01	0,00	0,05	0,021			
S15		15,393	0,15	1,825	30000			1,71		26,38646	11,20	-0,65	5,03	-155,7358	30,1	-0,00263	-0,019	-0,02	0,00	0,00	0,00	-0,008			
S16		19,035	0,15	3,52	30000			3,30		62,8155	11,20	-0,65	9,70	-155,7358	202,8	-0,00263	-0,068	-0,06	-0,01	0,00	0,00	-0,07	-0,028		
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-155,7358	0,0	-0,00263	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000			
SXX		0	0	0	30000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-15											

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työmaa: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 255,36 kN  
H<sub>qk</sub> = 39,20 kN  
H<sub>qk</sub> = 7,98 kN  
Σ 302,50 kN

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h):  
Leveys (b):  
Syvyys (d):

27,3 m  
21,8 m  
21,1 m  
3 m

Huonekorkeus:

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 3.krs

Seinä	x	y	b	i	E	lx	ly	ky	kx	x*ky	y*kx	O	S.x	Fs	Mk	(x-O)*2*k <sub>y</sub> /(y-O)*2*k <sub>x</sub>	φ	F.k	F.w	H.qk	H.qk	F.l+k.f.s	%-kuormasta
[m]	m	m	m	m	MN/m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m <sup>4</sup>					(xjm)	d/(2-Ojm)	kN	kNm		kulma	kN	kN	kN	kN	kN	%
<b>y-suuntaiset seinät</b>																							
S1		0,45	0,15	1,865	30000		0,00052		1,75		0,786797	11,20	-0,65	6,45	-195,4175	201,9	-0,00329	0,062	0,05	0,01	0,00	0,06	0,020
S2		7,518	0,2	8,26	30000		0,00551		18,36		137,9971	11,20	-0,65	67,72	-195,4175	288,3	-0,00329	0,222	0,19	0,03	0,01	0,22	0,074
S3		14,328	0,2	6,335	30000		0,00422		14,08		201,7064	11,20	-0,65	51,93	-195,4175	138,1	-0,00329	-0,145	-0,12	-0,02	0,00	-0,10	-0,048
S4		21,315	0,15	3,215	30000		0,00090		3,01		64,24474	11,20	-0,65	11,12	-195,4175	308,6	-0,00329	-0,100	-0,08	-0,01	0,00	-0,10	-0,033
S5		11,518	0,2	1,7	30000		0,00113		3,78		45,51244	11,20	-0,65	13,94	-195,4175	0,4	-0,00329	-0,004	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,001
S6		15,468	0,2	1,7	30000		0,00113		3,78		58,43467	11,20	-0,65	13,94	-195,4175	68,9	-0,00329	-0,053	-0,04	-0,01	0,00	-0,05	-0,018
S7		21,315	0,15	1,975	30000		0,00056		1,85		39,46605	11,20	-0,65	6,83	-195,4175	189,6	-0,00329	-0,062	-0,05	-0,01	0,00	-0,06	-0,020
S8		3,15	0,15	1,865	30000		0,00052		1,75		5,507578	11,20	-0,65	6,45	-195,4175	113,2	-0,00329	0,046	0,04	0,01	0,00	0,05	0,015
S9		9,818	0,2	2,2	30000		0,00147		4,89		47,99911	11,20	-0,65	18,04	-195,4175	9,3	-0,00329	0,022	0,02	0,00	0,00	0,02	0,007
S10		11,718	0,2	2,2	30000		0,00147		4,89		57,288	11,20	-0,65	18,04	-195,4175	1,3	-0,00329	-0,008	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,003
S11		19,035	0,15	0,975	30000		0,00027		0,91		17,39918	11,20	-0,65	3,37	-195,4175	56,2	-0,00329	-0,024	-0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,008
S12		3,15	0,15	2,63	30000		0,00074		2,47		7,166719	11,20	-0,65	9,10	-195,4175	159,6	-0,00329	0,065	0,06	0,01	0,00	0,07	0,022
S13		6,793	0,15	1,825	30000		0,00051		1,71		11,6224	11,20	-0,65	6,31	-195,4175	33,2	-0,00329	0,025	0,02	0,00	0,00	0,02	0,008
S14		9,818	0,2	6,195	30000		0,00413		13,77		135,1611	11,20	-0,65	50,79	-195,4175	26,1	-0,00329	0,063	0,05	0,01	0,00	0,06	0,021
S15		15,393	0,15	1,825	30000		0,00051		1,71		26,33646	11,20	-0,65	6,31	-195,4175	30,1	-0,00329	-0,024	-0,02	0,00	0,00	-0,02	-0,008
S16		19,035	0,15	3,52	30000		0,00099		3,30		62,8155	11,20	-0,65	12,17	-195,4175	202,8	-0,00329	-0,085	-0,07	-0,01	0,00	-0,09	-0,028
SXX		0	0	0	30000		0,00000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-195,4175	0,0	-0,00329	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	30000		0,00000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-195,4175	0,0	-0,00329	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	30000		0,00000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-195,4175	0,0	-0,00329	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
SXX		0	0	0	30000		0,00000		0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-195,4175	0,0	-0,00329	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
																	Σ 1787,7	Σ 0,00					

<b>x-suuntaiset seinät</b>																							
S17	12,21	0,15	2,55		30000	0,207		690,9		8435,8		11,60	-1,05	5,25	-317,4847	257,5	-0,00535	-2,258	2,523	0,387	0,078	2,989	0,99
S18	12,235	0,2	6,643		30000	4,886		16286,2		199261,9		11,60	-1,05	123,69	-317,4847	6576,3	-0,00535	-55,400	57,645	8,849	1,791	68,285	22,57
S19	10,635	0,2	4		30000	1,067		3555,6		37457,8		11,60	-1,05	27,00	-317,4847	4029,4	-0,00535	20,262	39,900	6,125	1,240	47,265	15,62
S20	8,635	0,2	4,15		30000	1,191		3970,7		34287,4		11,60	-1,05	30,16	-317,4847	34897,1	-0,00535	63,014	78,653	12,073	2,444	93,170	30,80
S21	10,535	0,2	2,482		30000	0,255		849,4		8948,9		11,60	-1,05	6,45	-317,4847	962,6	-0,00535	4,841	9,532	1,463	0,796	11,292	3,73
S22	10,185	0,15	3,622		30000	0,594		1979,4		20164,9		11,60	-1,05	15,04	-317,4847	3951,6	-0,00535	14,992	25,349	3,891	0,788	30,028	9,93
S23	12,235	0,2	6,03		30000	3,654		12180,9		149033,3		11,60	-1,05	92,51	-317,4847	4918,6	-0,00535	-41,135	43,115	6,518	1,340	51,072	16,88
S24	12,295	0,08	1,26		30000	0,013		44,5		5465,5		11,60	-1,05	0,34	-317,4847	21,5	-0,00535	-0,165	0,145	0,022	0,005	0,172	0,06
S25	14,235	0,2	1,7		30000	0,082		272,9		3885,4		11,60	-1,05	2,07	-317,4847	1895,8	-0,00535	-3,851	-1,501	-0,230	-0,047	-1,778	-0,59
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0		30000	0,000		0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-317,4847	0,0	-0,00535	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
																	Σ 35831,0	Σ 462021,7					
																	Σ 57920,39	Σ 302,496					

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:

Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733 Pvm: 3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 357,50 kN  
H<sub>q1</sub> = 48,11 kN  
H<sub>q2</sub> = 9,37 kN  
Σ 414,98 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
Σ 3 m

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 2.krs

Seinä	x	y	b	i	E	ix	iy	kx	ky	x'ky	y'kx	Q	S.x	Fs	Mk	(x-O)²·k <sub>x</sub>	(y-O)²·k <sub>y</sub>	φ	F.k	F.w	H.qk osuus	H.qk osuus	F.k+F.s	%-huomasta
	[m]	m	m	m	MN/m²	m4	m4					(x)m	d/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	kN	kN	kN	kN	%
<b>y-suuntaiset seinät</b>																								
S1		0,45	0,15	1,865	C20/25	30000	0,00052	1,75			0,786797	11,20	-0,65	8,85	-268,0883	201,9	-0,00452	0,085	0,07	0,01	0,00	0,00	0,08	0,020
S2		7,518	0,2	8,26	C20/25	30000	0,00551	18,36			137,9971	11,20	-0,65	92,90	-268,0883	248,3	-0,00452	0,305	0,26	0,04	0,01	0,01	0,31	0,074
S3		14,288	0,2	6,335	C20/25	30000	0,00422	14,08			201,7064	11,20	-0,65	71,25	-268,0883	138,1	-0,00452	-0,199	-0,17	-0,02	0,00	-0,20	-0,048	
S4		21,315	0,15	3,215	C20/25	30000	0,00090	3,01			64,2474	11,20	-0,65	15,25	-268,0883	98,6	-0,00452	-0,138	-0,12	-0,02	0,00	-0,14	-0,083	
S5		11,518	0,2	1,7	C20/25	30000	0,00113	3,78			43,51244	11,20	-0,65	19,12	-268,0883	0,4	-0,00452	-0,005	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,001	
S6		15,468	0,2	1,7	C20/25	30000	0,00113	3,78			58,43467	11,20	-0,65	19,12	-268,0883	68,9	-0,00452	-0,073	-0,06	-0,01	0,00	-0,07	-0,018	
S7		21,315	0,15	1,975	C20/25	30000	0,00056	1,85			39,46605	11,20	-0,65	9,37	-268,0883	189,6	-0,00452	-0,085	-0,07	-0,01	0,00	-0,08	-0,020	
S8		3,15	0,15	1,865	C20/25	30000	0,00052	1,75			55,07578	11,20	-0,65	8,85	-268,0883	113,2	-0,00452	0,064	0,05	0,01	0,00	0,06	0,015	
S9		9,818	0,2	2,2	C20/25	30000	0,00147	4,89			47,99911	11,20	-0,65	24,74	-268,0883	9,3	-0,00452	0,030	0,03	0,00	0,00	0,03	0,007	
S10		11,718	0,2	2,2	C20/25	30000	0,00147	4,89			57,288	11,20	-0,65	24,74	-268,0883	1,3	-0,00452	-0,012	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,003	
S11		19,035	0,15	0,975	C20/25	30000	0,00027	0,91			17,39918	11,20	-0,65	4,63	-268,0883	56,2	-0,00452	-0,032	-0,03	0,00	0,00	-0,03	-0,008	
S12		3,15	0,15	2,63	C20/25	30000	0,00074	2,47			7,766719	11,20	-0,65	12,48	-268,0883	159,6	-0,00452	0,090	0,08	0,01	0,00	0,09	0,022	
S13		6,793	0,15	1,825	C20/25	30000	0,00051	1,71			11,6224	11,20	-0,65	8,66	-268,0883	33,2	-0,00452	0,034	0,03	0,00	0,00	0,03	0,008	
S14		9,818	0,2	6,195	C20/25	30000	0,00413	13,77			135,1611	11,20	-0,65	69,67	-268,0883	26,1	-0,00452	0,086	0,07	0,01	0,00	0,09	0,021	
S15		15,993	0,15	1,825	C20/25	30000	0,00051	1,71			26,33646	11,20	-0,65	8,66	-268,0883	30,1	-0,00452	-0,032	-0,03	0,00	0,00	-0,03	-0,008	
S16		19,035	0,15	3,52	C20/25	30000	0,00099	3,30			62,8155	11,20	-0,65	16,70	-268,0883	202,8	-0,00452	-0,117	-0,10	-0,01	0,00	-0,12	-0,028	
SXX		0	0	0	C20/25	30000	0,00000	0,00			0	11,20	-0,65	0,00	-268,0883	0,0	-0,00452	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0	0	0	C20/25	30000	0,00000	0,00			0	11,20	-0,65	0,00	-268,0883	0,0	-0,00452	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0	0	0	C20/25	30000	0,00000	0,00			0	11,20	-0,65	0,00	-268,0883	0,0	-0,00452	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0	0	0	C20/25	30000	0,00000	0,00			0	11,20	-0,65	0,00	-268,0883	0,0	-0,00452	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
Σ																Σ 1787,7	Σ 57520,39		Σ 414,98	Σ 0,00	Σ 0,00	Σ 0,00	Σ 0,00	Σ 0,00

x-suuntaiset seinät

K-Summitabes seinat																						
S17	12,21	0,15	2,55	C20/25	30000	0,207	690,9	8435,8	11,60	-1,05	7,20	-435,5492	257,5	-0,00734	-3,097	3,533	0,475	0,093	4,101	0,99		
S18	12,235	0,2	6,643	C20/25	30000	4,886	12286,2	199261,9	11,60	-1,05	169,68	-435,5492	6576,3	-0,00734	-76,002	80,702	10,861	2,116	93,679	22,57		
S19	10,535	0,2	4	C20/25	30000	1,067	3555,6	37457,8	11,60	-1,05	37,04	-435,5492	4029,4	-0,00734	27,797	55,859	7,517	1,465	64,841	15,62		
S20	8,635	0,2	4,15	C20/25	30000	1,191	3970,7	34287,4	11,60	-1,05	41,37	-435,5492	34897,1	-0,00734	86,448	110,112	14,819	2,887	127,818	30,80		
S21	10,535	0,2	2,482	C20/25	30000	0,255	849,4	8948,9	11,60	-1,05	8,85	-435,5492	962,6	-0,00734	6,641	13,345	1,796	0,350	15,491	3,73		
S22	10,185	0,15	3,622	C20/25	30000	0,594	1279,9	20164,9	11,60	-1,05	20,63	-435,5492	3951,6	-0,00734	20,567	35,488	4,776	0,931	41,195	9,93		
S23	12,235	0,2	6,03	C20/25	30000	3,654	12180,9	149033,3	11,60	-1,05	126,91	-435,5492	4918,6	-0,00734	-56,844	60,359	8,123	1,583	70,065	16,88		
S24	12,295	0,08	1,26	C20/25	30000	0,011	44,5	346,3	11,60	-1,05	0,46	-435,5492	21,3	-0,00734	-0,227	0,203	0,027	0,005	0,286	0,06		
S25	14,235	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082	272,9	3885,4	11,60	-1,05	2,84	-435,5492	1895,8	-0,00734	-5,283	-2,101	-0,283	-0,055	-2,439	-0,59		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0	-0,00734	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00		
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000	0,0	0,0	11,60	-1,05	0,00	-435,5492	0,0									

Laskelman tekijä:

Laskelman tarkastaja:



Seinille aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733

Pvm:

3.4.2014

F<sub>w,k</sub> = 357,51 kN

H<sub>q,k</sub> = 57,02 kN

H<sub>q,k</sub> = 10,81 kN

Σ 425,33 kN

Rakennuksen tiedot:

Korkeus (h): 27,3 m

Leveys (b): 21,5 m

Syvyys (d): 21,1 m

Σ 3 m

Huonekorkeus:

27,3 m

21,5 m

21,1 m

Σ 3 m

# TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 1.krs		y-suuntaiset seinät																						
Seinä	x	y	b	i	E	lx	ly	ky	kx	x <sup>2</sup> /y	y <sup>2</sup> /x	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> /k <sub>x</sub>	(y-O) <sup>2</sup> /k <sub>y</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>qk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>A</sub> +F <sub>w</sub>	%-luomasta
	[m]	m	m	m	Mk/m <sup>2</sup>	md	md	md	md	md	md	(slm kierroksk)	d/2-O(m)	kN	kNm			kuuma	kN	kN	kN	kN	kN	%
S1		0,45	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75			11,20	-0,65	9,07	-274,7811	201,9	-0,00463	0,087	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S2		7,518	0,2	8,26	C20/25	30000			18,36			11,20	-0,65	95,22	-274,7811	248,3	-0,00463	0,313	0,26	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
S3		14,328	0,2	6,335	C20/25	30000			14,08			11,20	-0,65	73,03	-274,7811	138,1	-0,00463	-0,204	-0,17	-0,03	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00
S4		21,315	0,15	3,215	C20/25	30000			3,01			11,20	-0,65	15,63	-274,7811	308,6	-0,00463	-0,141	-0,12	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
S5		11,518	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78			11,20	-0,65	19,60	-274,7811	0,4	-0,00463	-0,006	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S6		15,468	0,2	1,7	C20/25	30000			3,78			11,20	-0,65	19,60	-274,7811	68,9	-0,00463	-0,075	-0,06	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S7		21,315	0,15	1,975	C20/25	30000			1,85			11,20	-0,65	9,60	-274,7811	189,6	-0,00463	-0,087	-0,07	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S8		3,15	0,15	1,865	C20/25	30000			1,75			11,20	-0,65	9,07	-274,7811	113,2	-0,00463	0,065	0,05	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S9		9,818	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89			11,20	-0,65	25,36	-274,7811	9,3	-0,00463	0,031	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S10		11,718	0,2	2,2	C20/25	30000			4,89			11,20	-0,65	25,36	-274,7811	1,3	-0,00463	-0,012	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S11		19,035	0,15	0,975	C20/25	30000			0,91			11,20	-0,65	4,74	-274,7811	56,2	-0,00463	-0,033	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S12		3,15	0,15	2,63	C20/25	30000			2,47			11,20	-0,65	12,79	-274,7811	159,6	-0,00463	0,092	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S13		6,793	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71			11,20	-0,65	8,88	-274,7811	33,2	-0,00463	0,035	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S14		9,818	0,2	6,195	C20/25	30000			13,77			11,20	-0,65	71,41	-274,7811	26,1	-0,00463	0,088	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
S15		15,993	0,15	1,825	C20/25	30000			1,71			11,20	-0,65	8,88	-274,7811	30,1	-0,00463	-0,033	-0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
S16		19,035	0,15	3,52	C20/25	30000			3,50			11,20	-0,65	17,12	-274,7811	202,8	-0,00463	-0,120	-0,10	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SXK		0	0	0	C20/25	30000			0,00			11,20	-0,65	0,00	-274,7811	0,0	-0,00463	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	

Seinillä aiheutuvien vaakakuormien laskenta:

Työ nro: RAK-733 Pvm: 3.4.2014

F<sub>wk</sub> = 383,04 kN  
H<sub>gk</sub> = 65,94 kN  
H<sub>qk</sub> = 12,25 kN  
Σ 461,24 kN

Rakennuksen tiedot:  
Huonekorkeus:

Korkeus (h): 27,3 m  
Leveys (b): 21,8 m  
Syvyys (d): 21,1 m  
Σ 3 m

TUULI X-SUUNTAAN

KERROS: 0 lrs		Seinä	x	y	b	l	E	ix	iy	ky	kx	x <sup>2</sup> /y	y <sup>2</sup> /x	O	S <sub>x</sub>	F <sub>s</sub>	M <sub>k</sub>	(x-O) <sup>2</sup> /k <sub>y</sub>	(y-O) <sup>2</sup> /k <sub>x</sub>	φ	F <sub>k</sub>	F <sub>w</sub>	H <sub>gk</sub>	H <sub>qk</sub>	F <sub>k</sub> +F <sub>s</sub>	%-luomista	
		[m]		[m]	[m]	[m]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]					[m]	d/2-O(m)	kN	kNm			kulma	kN	cosus	kN	cosus	kN	kN	%
y-suuntaiset seinät																											
S1		0,45		0,15	1,865	C20/25	30000	0,00052			1,75		0,786797	11,20	-0,65	9,83	-297,966		201,9	-0,00502	0,094	0,08	0,01	0,00	0,09	0,020	
S2		7,518		0,2	8,26	C20/25	30000	0,00551			18,36		137,9971	11,20	-0,65	103,25	-297,966		248,3	-0,00502	0,339	0,28	0,05	0,01	0,34	0,074	
S3		14,328		0,2	6,335	C20/25	30000	0,00422			14,08		201,7064	11,20	-0,65	79,19	-297,966		138,1	-0,00502	-0,222	-0,18	-0,03	-0,01	-0,22	-0,048	
S4		21,315		0,15	3,215	C20/25	30000	0,00090			3,01		64,24474	11,20	-0,65	16,95	-297,966		308,6	-0,00502	-0,153	-0,13	-0,02	0,00	-0,15	-0,033	
S5		11,518		0,2	1,7	C20/25	30000	0,00113			3,78		43,51244	11,20	-0,65	21,25	-297,966		0,4	-0,00502	-0,006	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,001	
S6		15,468		0,2	1,7	C20/25	30000	0,00113			3,78		58,43467	11,20	-0,65	21,25	-297,966		68,9	-0,00502	-0,081	-0,07	-0,01	0,00	-0,08	-0,018	
S7		21,315		0,15	1,975	C20/25	30000	0,00056			1,85		39,46605	11,20	-0,65	10,42	-297,966		189,6	-0,00502	-0,094	-0,08	-0,01	0,00	-0,09	-0,020	
S8		3,15		0,15	1,865	C20/25	30000	0,00052			1,75		5,507578	11,20	-0,65	9,83	-297,966		113,2	-0,00502	0,071	0,06	0,01	0,00	0,07	0,015	
S9		9,818		0,2	2,2	C20/25	30000	0,00147			4,89		47,99911	11,20	-0,65	27,50	-297,966		9,3	-0,00502	0,034	0,03	0,00	0,00	0,03	0,007	
S10		11,718		0,2	2,2	C20/25	30000	0,00147			4,89		57,288	11,20	-0,65	27,50	-297,966		1,3	-0,00502	-0,013	-0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,003	
S11		19,035		0,15	0,975	C20/25	30000	0,00027			0,91		17,99918	11,20	-0,65	5,14	-297,966		56,2	-0,00502	-0,036	-0,03	-0,01	0,00	-0,04	-0,008	
S12		3,15		0,15	2,63	C20/25	30000	0,00074			2,47		7,766719	11,20	-0,65	13,87	-297,966		159,6	-0,00502	0,100	0,08	0,01	0,00	0,10	0,022	
S13		6,993		0,15	1,825	C20/25	30000	0,00051			1,71		11,6224	11,20	-0,65	9,62	-297,966		33,2	-0,00502	0,038	0,03	0,01	0,00	0,04	0,008	
S14		9,818		0,2	6,195	C20/25	30000	0,00413			13,77		135,1611	11,20	-0,65	77,44	-297,966		26,1	-0,00502	0,085	0,08	0,01	0,00	0,10	0,021	
S15		15,393		0,15	1,825	C20/25	30000	0,00051			1,71		26,33646	11,20	-0,65	9,62	-297,966		30,1	-0,00502	-0,036	-0,03	-0,01	0,00	-0,04	-0,008	
S16		19,035		0,15	3,52	C20/25	30000	0,00099			3,30		82,8155	11,20	-0,65	18,56	-297,966		202,8	-0,00502	-0,130	-0,11	-0,02	0,00	-0,13	-0,028	
SXX		0		0	0	C20/25	30000	0,00000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-297,966		0,0	-0,00502	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0		0	0	C20/25	30000	0,00000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-297,966		0,0	-0,00502	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0		0	0	C20/25	30000	0,00000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-297,966		0,0	-0,00502	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
SXX		0		0	0	C20/25	30000	0,00000			0,00		0	11,20	-0,65	0,00	-297,966		0,0	-0,00502	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	
Σ										82,00	Σ	916,0443	Σ	1787,7	Σ	1787,7	Σ	1787,7	Σ	0,00	Σ	0,00	Σ	0,00	Σ	0,00	

x-suuntaiset seinät																							
S17	12,21	0,15	2,55	C20/25	30000	0,207			690,9		8435,8		(v)	-1,05	8,00	-484,0898	257,5		-0,00816	-3,442	3,785	0,652	0,121
S18	12,235	0,2	6,643	C20/25	30000	4,886			16286,2		199261,9		11,60	-1,05	188,59	-484,0898	6576,3		-0,00816	-84,472	86,468	14,885	2,766
S19	10,535	0,2	4	C20/25	30000	1,067			3555,6		37457,8		11,60	-1,05	41,17	-484,0898	4029,4		-0,00816	30,895	59,850	10,303	1,915
S20	8,635	0,2	4,15	C20/25	30000	1,191			3970,7		34287,4		11,60	-1,05	45,98	-484,0898	34897,1		-0,00816	96,082	117,979	20,309	3,774
S21	10,535	0,2	2,482	C20/25	30000	0,255			849,4		8948,9		11,60	-1,05	9,84	-484,0898	962,6		-0,00816	7,381	14,298	2,461	0,457
S22	10,185	0,15	3,622	C20/25	30000	0,594			1979,9		20164,9		11,60	-1,05	22,93	-484,0898	3961,6		-0,00816	22,859	38,024	6,545	1,216
S23	12,235	0,2	6,03	C20/25	30000	3,654			12180,9		149033,3		11,60	-1,05	141,05	-484,0898	4918,6		-0,00816	-63,179	64,672	11,133	2,069
S24	12,295	0,08	1,26	C20/25	30000	0,013			44,5		546,5		11,60	-1,05	0,51	-484,0898	21,5		-0,00816	-0,252	0,218	0,038	0,007
S25	14,235	0,2	1,7	C20/25	30000	0,082			272,9		3885,4		11,60	-1,05	3,16	-484,0898	1895,8		-0,00816	-5,871	-2,251	-0,388	-0,072
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0		0,0		11,60	-1,05	0,00	-484,0898	0,0		-0,00816	0,000	0,000	0,000	0,000
SXX	0	0	0	C20/25	30000	0,000			0,0	</													

## Esimerkki taulukkolaskennassa käytettävästä seinien metrikuormalaskurista

1 (4)

Pystysuuntaisten kuormien laskeminen:

Työ nro:

RAK-733

Pvm:

28.3.2014

Rakennuksen luokka: **A** Asuin- ja majoitustilat  
 Kattotyyppi: **Pulpettikatto**  
 Kuormitusleveys: **3,5 m** Oikea  
**0,0 m** Vasen

OVK:

Omapainot:

Muuttuva kuorma q1:

Muuttuva kuorma q2:

K.FI =

1

ψ0

ψ1

ψ2

1,15

1,5

0,7

0,5

0,3

SEINÄ/mod nro: **S1**

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	7.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI	KRT	MRT	OIKEA PUOLI	KRT	MRT
2,70 m	LUMIKUORMA	2,2	1,5	0	0,00	2,2	7,7
Seinän paksuus [m]	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1	17,85
0,15 m	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1	5,821875
Aukkokerroin [%]		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
	VESIKATE	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
ΣG+Q			5,1 kN/m	5,8 kN/m		41,1 kN/m	50,0 kN/m
			KRT-G	38,5	Keskimääräinen osavarmuuskerroin:		
			KRT-Q	7,7			
			MRT-G	44,2			
			MRT-Q	11,6			
CUM			ΣKRT	46,2 kN/m			
			ΣMRT	55,8 kN/m			

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	7.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI	KRT	MRT	OIKEA PUOLI	KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0	7
Seinän paksuus [m]	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1	17,85
0,15 m	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0	3,5
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
ΣG+Q			5,1 kN/m	5,8 kN/m		38,7 kN/m	46,9 kN/m
			KRT-G	36,7	Keskimääräinen osavarmuuskerroin:		
			KRT-Q	7,0			
			MRT-G	42,2			
			MRT-Q	10,5			
CUM			KRT	89,9 kN/m			
			MRT	108,5 kN/m			

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	6.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI	KRT	MRT	OIKEA PUOLI	KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0	7
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0	3,5
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1	17,85
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
ΣG+Q			5,1 kN/m	5,8 kN/m		38,7 kN/m	46,9 kN/m
			KRT-G	36,7	Keskimääräinen osavarmuuskerroin:		
			KRT-Q	7,0			
			MRT-G	42,2			
			MRT-Q	10,5			
CUM			KRT	133,6 kN/m			
			MRT	161,3 kN/m			

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	5.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI	KRT	MRT	OIKEA PUOLI	KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0	7
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0	3,5
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1	17,85
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
ΣG+Q			5,1 kN/m	5,8 kN/m		38,7 kN/m	46,9 kN/m
			KRT-G	36,7	Keskimääräinen osavarmuuskerroin:		
			KRT-Q	7,0			
			MRT-G	42,2			
			MRT-Q	10,5			
CUM			KRT	177,4 kN/m			
			MRT	214,0 kN/m			

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	4.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI	KRT	MRT	OIKEA PUOLI	KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0	7
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0	3,5
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1	17,85
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0,0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5	5,25
ΣG+Q			5,1 kN/m	5,8 kN/m		38,7 kN/m	46,9 kN/m
			KRT-G	36,7	Keskimääräinen osavarmuuskerroin:		
			KRT-Q	7,0			
			MRT-G	42,2			
			MRT-Q	10,5			
CUM			KRT	221,1 kN/m			
			MRT	266,7 kN/m			



Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	3.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI		KRT	MRT	OIKEA PUOLI		KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0		7	10,5
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0		3,5	4,025
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1		17,85	20,5275
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1		5,0625	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0		0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0		0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5		5,25	6,0375
$\Sigma G+Q$				5,1 kN/m	5,8 kN/m			38,7 kN/m	46,9 kN/m
				KRT-G	36,7			Keskimääräinen osavarmuuskerroin:	
				KRT-Q	7,0				
				MRT-G	42,2				
				MRT-Q	10,5				
CUM				KRT	264,8 kN/m				
				MRT	319,5 kN/m				

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	2.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI		KRT	MRT	OIKEA PUOLI		KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0		7	10,5
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0		3,5	4,025
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1		17,85	20,5275
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1		5,0625	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0		0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0		0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5		5,25	6,0375
$\Sigma G+Q$				5,1 kN/m	5,8 kN/m			38,7 kN/m	46,9 kN/m
				KRT-G	36,7			Keskimääräinen osavarmuuskerroin:	
				KRT-Q	7,0				
				MRT-G	42,2				
				MRT-Q	10,5				
CUM				KRT	308,5 kN/m				
				MRT	372,2 kN/m				

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	1.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI		KRT	MRT	OIKEA PUOLI		KRT	MRT
2,70 m	A.välip.	2,0	1,5	0	0,00	2,0		7	10,5
Seinän paksuus [m]	PL 40mm	1,0	1,15	0	0,00	1,0		3,5	4,025
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1		17,85	20,5275
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1		5,0625	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0		0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0		0	0
	Ulkoseinät	0,0	1,15	0	0,00	1,5		5,25	6,0375
$\Sigma G+Q$				5,1 kN/m	5,8 kN/m			38,7 kN/m	46,9 kN/m
				KRT-G	36,7			Keskimääräinen osavarmuuskerroin:	
				KRT-Q	7,0				
				MRT-G	42,2				
				MRT-Q	10,5				
CUM				KRT	352,3 kN/m				
				MRT	424,9 kN/m				

Pystyrak. massalask.

Kerroskorkeus [m]	Kel.krs:n seinät ja katto	VASEN PUOLI		KRT	MRT	OIKEA PUOLI		KRT	MRT
2,70 m	F	2,5	1,5	0	0,00	2,5		8,75	13,125
Seinän paksuus [m]	PL 80mm	2,0	1,15	0	0,00	2,0		7	8,05
0,15 m	P37	5,1	1,15	0	0,00	5,1		17,85	20,5275
Aukkokerroin [%]	KANTAVA SEINÄ	10,1	1,15	5,0625	5,82	10,1		5,0625	5,821875
0,00 %		0,0	1,15	0	0,00	0,0		0	0
		0,0	1,15	0	0,00	0		0	0
		0,0	1,15	0	0,00	1,5		5,25	6,0375
$\Sigma G+Q$				5,1 kN/m	5,8 kN/m			43,9 kN/m	53,6 kN/m
				KRT-G	40,2			Keskimääräinen osavarmuuskerroin:	
				KRT-Q	8,8				
				MRT-G	46,3				
				MRT-Q	13,1				
CUM				KRT	401,2 kN/m				
				MRT	484,3 kN/m				

# Seinäkohtaiset pystysuuntaiset metrikuormat

Käsinlaskennan pystysuuntaiset kuormat [kN/m]

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
7. krs	89,9	133,3	125,9	74,2	88,6	103,2	65,7	74,2	93,2	97,8	78,0	71,8	43,4	149,4	63,4	91,1
KRT																
MRT	108,5	163,4	153,7	90,4	107,8	126,0	79,9	90,4	113,5	119,3	93,3	87,5	52,1	183,5	77,0	111,5
6.krs	133,6	202,7	188,6	112,6	134,5	156,8	99,7	112,6	141,6	148,6	118,4	109,1	65,6	227,3	96,2	138,5
KRT																
MRT	161,3	248,0	230,1	137,1	163,4	191,1	121,1	137,1	172,1	180,9	141,5	132,7	78,7	278,7	116,7	189,2
5.krs	177,4	272,0	251,4	151,1	180,4	210,4	133,7	151,1	189,9	199,4	158,9	146,4	87,9	305,2	129,0	185,9
KRT																
MRT	214,0	332,6	306,5	183,8	218,9	256,2	162,2	183,8	230,7	242,5	189,7	177,9	105,4	373,8	156,4	226,9
4.krs	221,1	341,4	314,1	189,6	226,3	264,0	167,7	189,6	238,2	250,1	199,3	183,6	110,2	383,1	161,8	233,2
KRT																
MRT	266,7	417,3	383,0	230,5	274,5	321,3	203,4	230,5	289,3	304,1	237,9	223,1	132,1	469,0	196,0	284,7
3.krs	264,8	410,8	376,9	228,1	272,2	317,6	201,8	228,1	286,5	300,9	239,8	220,9	132,5	461,0	194,6	280,6
KRT																
MRT	319,5	501,9	319,5	277,2	330,1	386,4	244,6	277,2	347,9	365,7	286,1	268,3	158,7	564,1	235,7	342,4
2.krs	308,5	480,2	439,6	266,5	318,1	371,2	235,8	266,5	334,9	351,6	280,2	258,1	154,7	538,9	227,4	328,0
KRT																
MRT	372,2	586,5	535,8	323,9	385,7	451,5	285,8	323,9	406,5	427,2	334,3	313,5	185,4	659,3	275,4	400,1
1.krs	352,3	549,6	502,4	305,0	364,0	424,8	269,8	305,0	383,2	402,4	320,7	295,4	177,0	616,8	260,2	375,4
KRT																
MRT	424,9	671,2	612,2	370,6	441,3	516,6	327,0	370,6	465,1	488,8	382,5	358,7	212,1	754,4	315,1	457,8
0.krs	401,2	629,3	574,2	348,7	415,9	485,8	308,2	348,7	438,0	460,1	366,6	337,7	201,5	706,6	297,2	429,7
KRT																
MRT	484,3	768,9	700,2	423,9	504,5	591,1	373,8	423,9	531,8	559,2	437,6	410,3	241,6	864,6	360,1	524,2
Analyysoimallista	604,5	417,5	739,83	445,2	295,5	275,7	242,6	250,3	306,2	340,1	177	244,1	428,9	261,6	741,5	232,7
KRT																
MRT	764,1	586,8	903	540,1	361,5	336,3	330,6	338,5	418,4	482,5	238,3	333,8	607,1	352,5	942,9	316,8
Ero %	-33,6	50,7	-22,4	-21,7	40,7	76,2	27,1	39,3	43,0	35,3	107,1	38,3	-53,0	170,1	-59,9	84,7
	-36,6	31,0	-22,5	-21,5	39,5	75,8	13,1	25,2	27,1	15,9	83,6	22,9	-60,2	145,3	-61,8	65,5

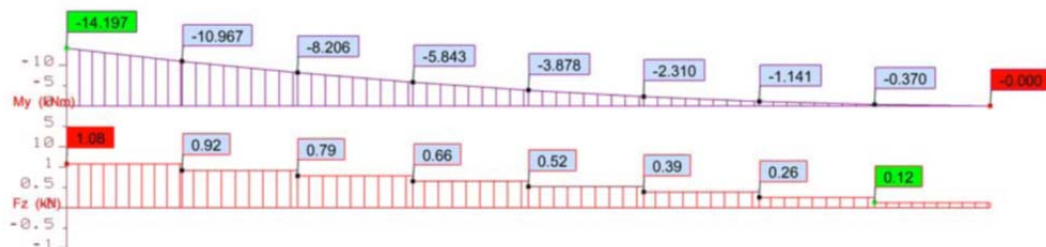
## Seinäkohtaiset pystysuuntaiset metrikuormat

Käsinlaskennan pystysuuntaiset kuormat [kN/m]

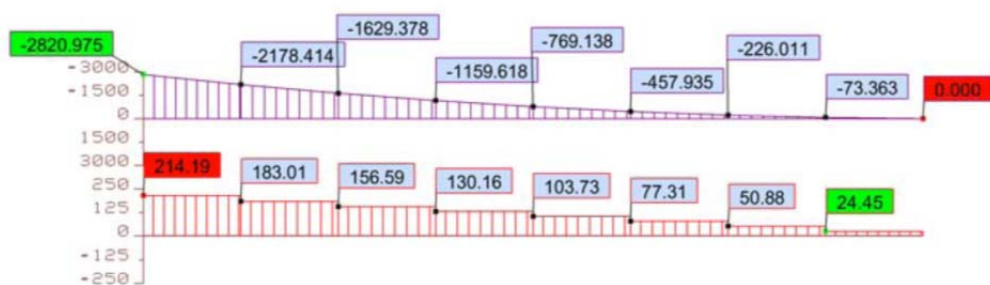
	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25
7. krs	35,7	57,8	55,5	77,1	55,5	35,7	55,5	29,2	45,4
	KRT								
	MRT								
6. krs	42,5	69,4	66,5	93,4	66,5	42,5	66,5	35,1	53,7
	KRT								
	MRT								
5. krs	53,9	87,5	84,0	116,9	84,0	53,9	84,0	44,2	68,5
	KRT								
	MRT								
4. krs	64,1	105,0	100,6	141,5	100,6	64,1	100,6	53,0	80,9
	KRT								
	MRT								
3. krs	72,1	117,2	112,5	156,7	112,5	72,1	112,5	59,2	91,6
	KRT								
	MRT								
2. krs	85,8	140,5	134,6	189,5	134,6	85,8	134,6	71,0	108,2
	KRT								
	MRT								
1. krs	90,3	146,9	140,9	196,5	140,9	90,3	140,9	74,2	114,7
	KRT								
	MRT								
0. krs	107,4	176,1	168,7	237,6	168,7	107,4	168,7	88,9	135,5
	KRT								
	MRT								
	108,6	176,6	169,4	236,4	169,4	108,6	169,4	89,2	137,8
	KRT								
	MRT								
	129,1	211,6	202,7	285,7	202,7	129,1	202,7	106,9	162,7
	KRT								
	MRT								
	126,8	206,3	197,9	276,2	197,9	126,8	197,9	104,2	160,9
	KRT								
	MRT								
	150,8	247,2	236,8	333,8	236,8	150,8	236,8	124,8	190,0
	KRT								
	MRT								
	145,0	236,0	226,4	316,0	226,4	145,0	226,4	119,2	184,0
	KRT								
	MRT								
	172,4	282,7	270,8	381,8	270,8	172,4	270,8	142,8	217,3
	KRT								
	MRT								
	164,7	268,7	257,7	360,7	257,7	164,7	257,7	135,7	208,6
	KRT								
	MRT								
	196,0	322,1	308,4	436,1	308,4	196,0	308,4	162,6	246,4
	KRT								
	MRT								
Analyyssimallista	252,7	343,3	271,4	393,7	191,4	238,8	319,5	265,5	233,9
	KRT								
	MRT								
	341,6	475,8	365,4	548	244,6	323,3	443,3	353	287,1
	KRT								
	MRT								
Ero %	-34,8	-21,7	-5,1	-8,4	34,6	-31,0	-19,4	-48,9	-10,8
	KRT								
	MRT								
	-42,6	-32,3	-15,6	-20,4	26,1	-39,4	-30,4	-53,9	-14,2
	KRT								
	MRT								

# Seinien pilarimaisen mallinnuksen tulokset

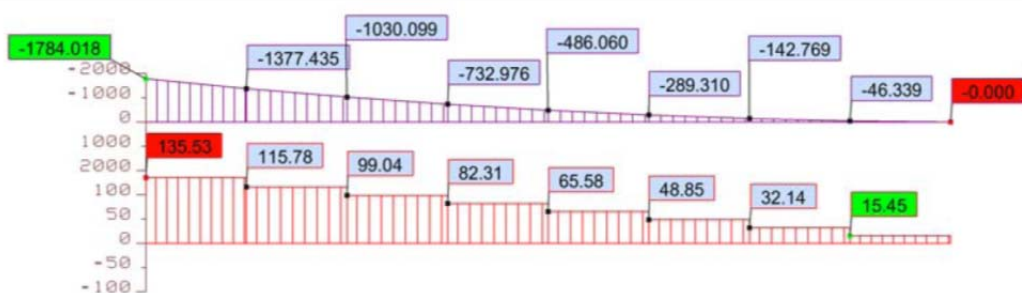
**S1**



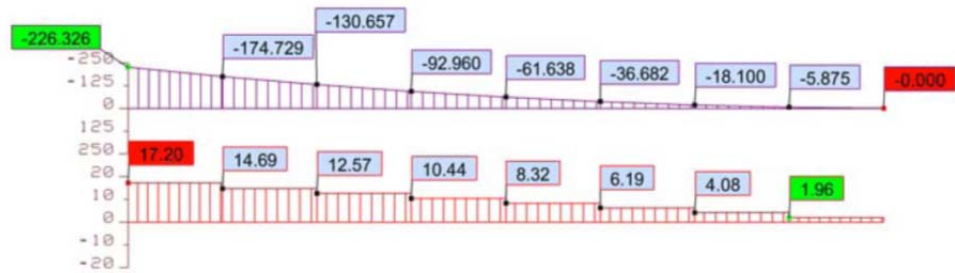
**S2**



**S3**

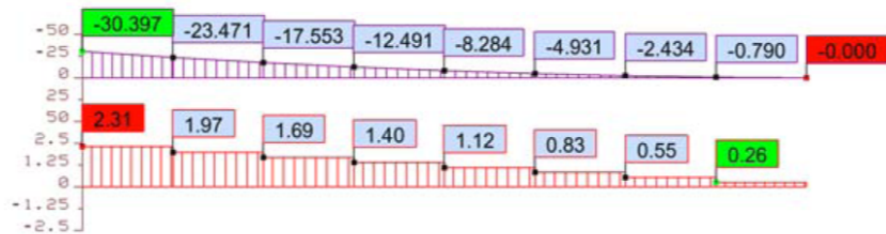


S4

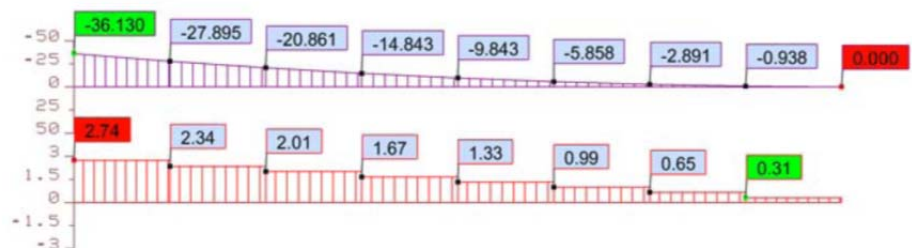


S5

m)



S6

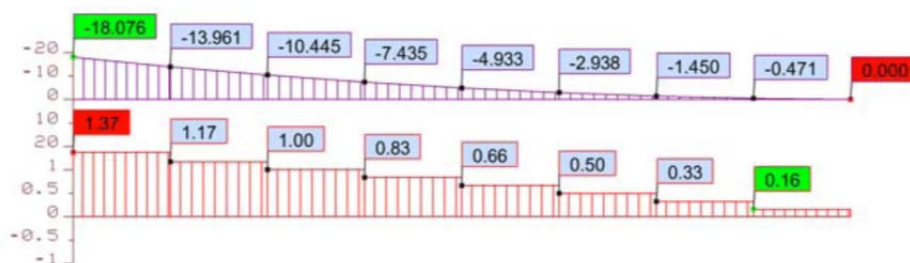




**S7**



**S8**



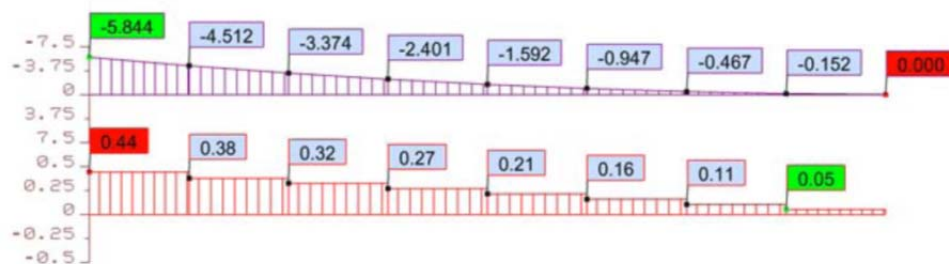
**S9**



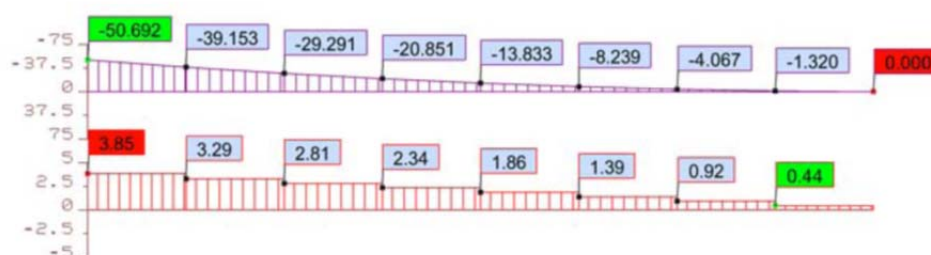
**S10**



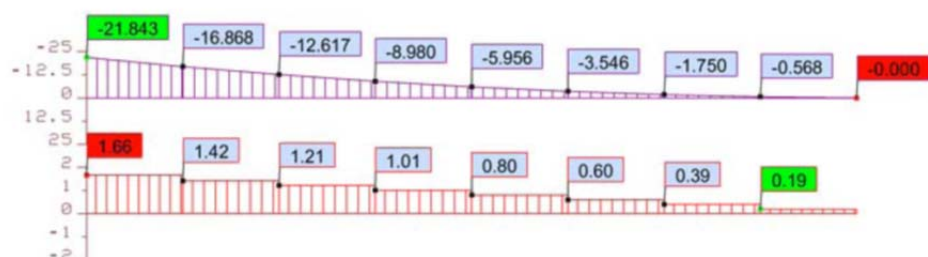
**S11**



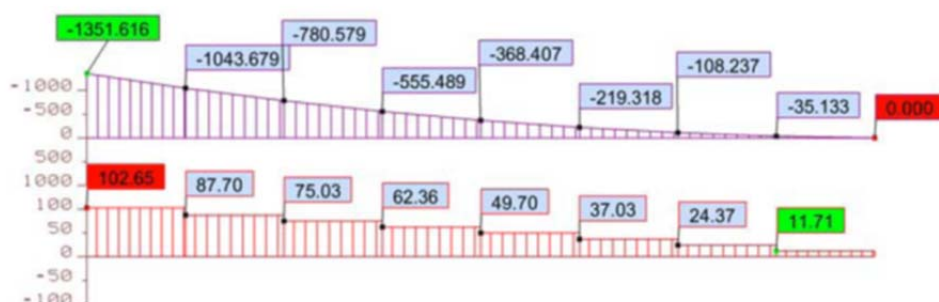
**S12**



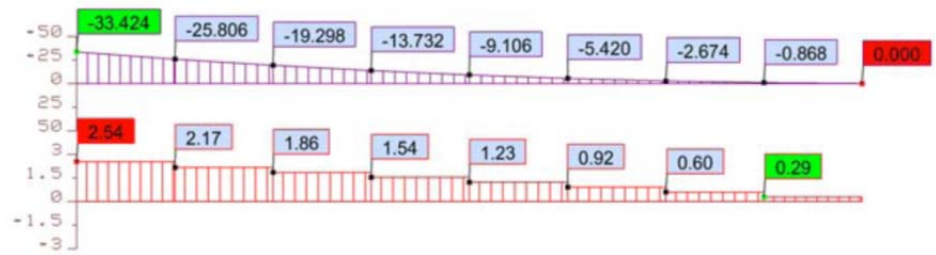
**S13**



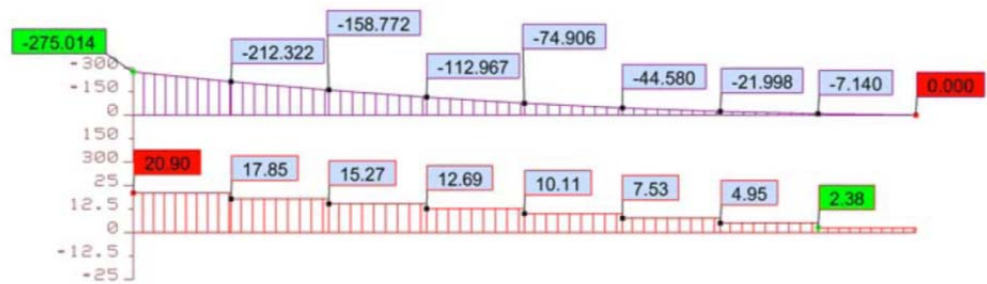
**S14**



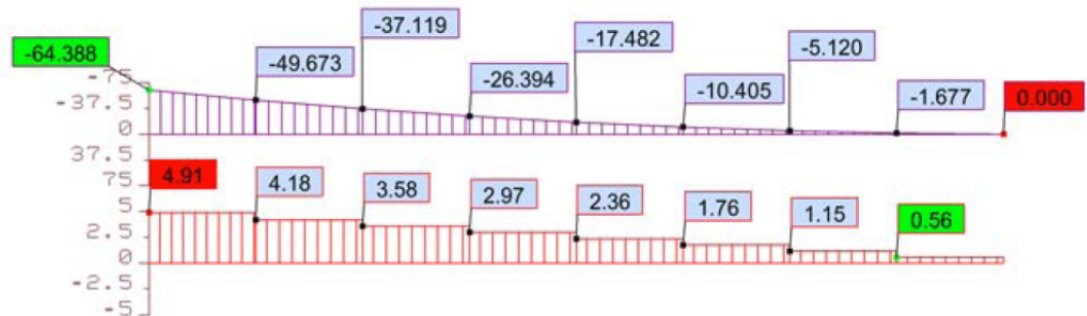
**S15**



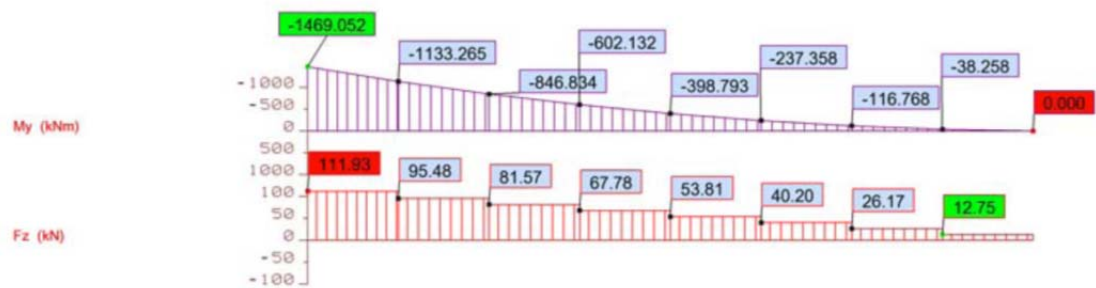
**S16**



## S17



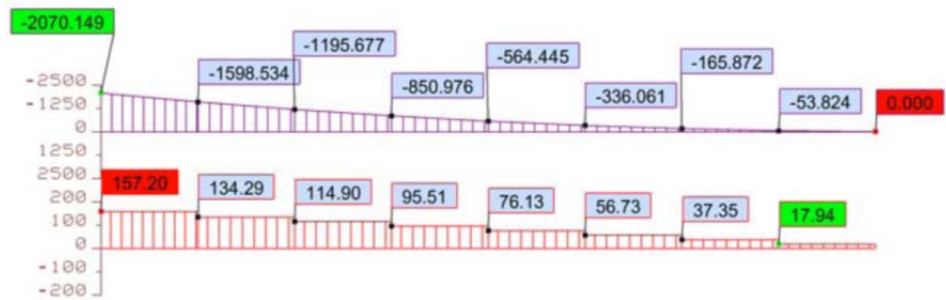
## S18



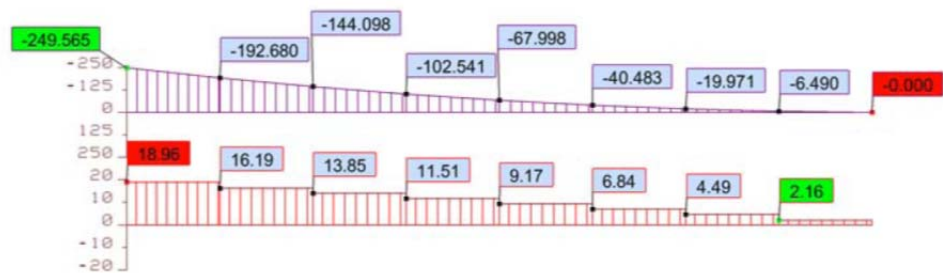
## S19



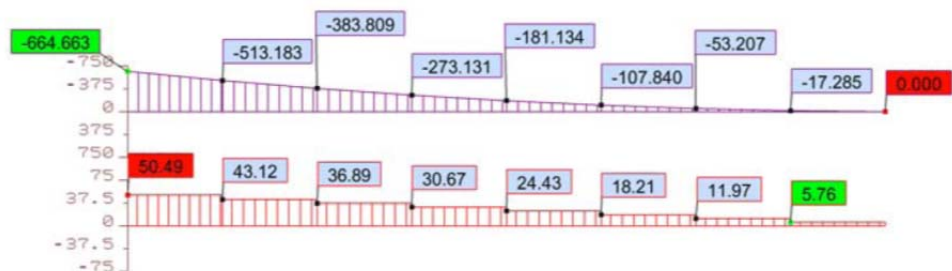
## S20



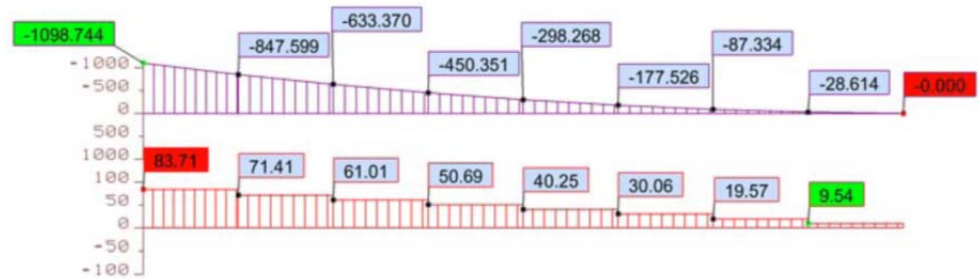
## S21



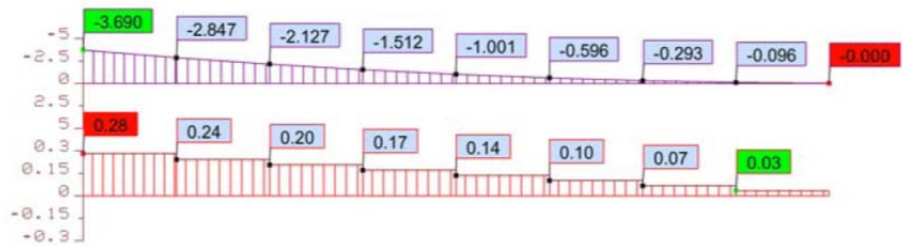
## S22



## S23



## S24

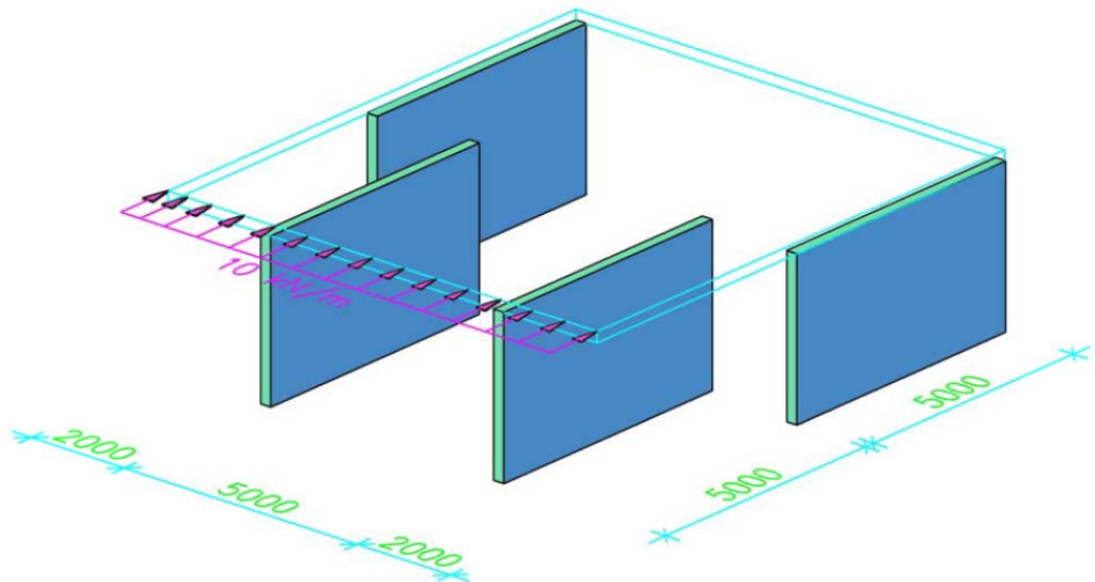


## S25

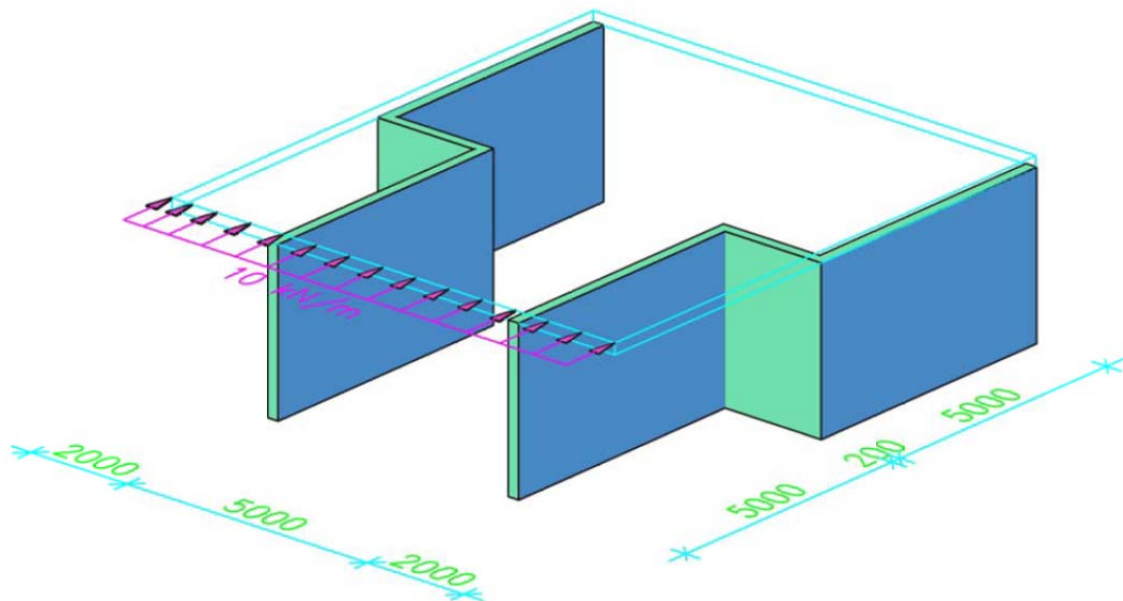




Yksinkertaisessa rakennemallissa pitkien seinien pituus on 5 m ja poikittaisen lyhyemmän seinän pituus 2 m. Kaikki seinät ovat 3 m korkeita. Kaikki seinät ja laatat ovat 200mm paksuja. Laatan reunaan vaikuttaa 10 kN/m voima.



Kuva 16. Yksinkertaistettu rakennemalli ilman poikittaista 2 m seinää.

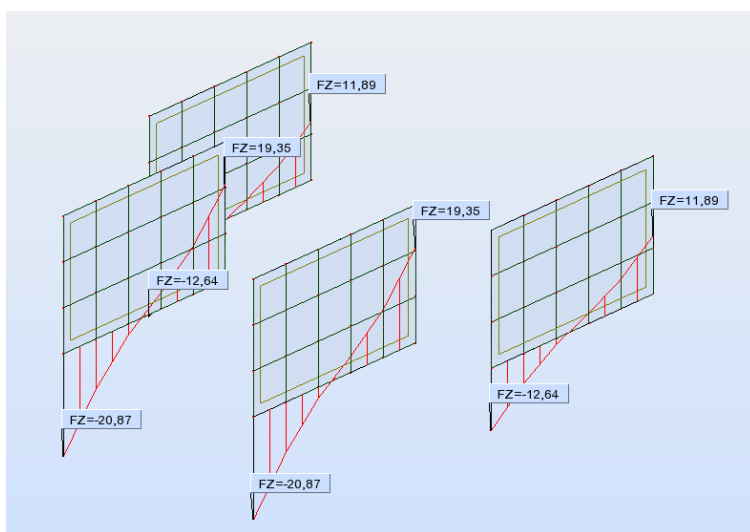


Kuva 17. Yksinkertaistettu rakennemalli poikittaisella seinällä.

Käsilaskennalla pitkien seinien jäykkyys on sama joten jokaisen seinä tulee ottaa 25% sille tulevasta vaakakuormasta. Poikittain vaakakuormaan nähden olevan seinän ei oleteta käsilaskennassa ottavan mitään kuormia vastaan. Yhteisleveys laatan reunalla on 9 m, joten tuulikuorman resultantti on 90 kN. Tuulikuorman resultantti jakautuu jäykkyyksien suhteessa (25% seinä) seinille, joten voima on 22,5kN/ seinä. Seinäkohtainen kaatava momentti saadaan kertomalla seinään vaikuttava voima seinän korkeudella.  $M = 3 \cdot 22,5 \text{ kN} = 67,5 \text{ kNm}$ .

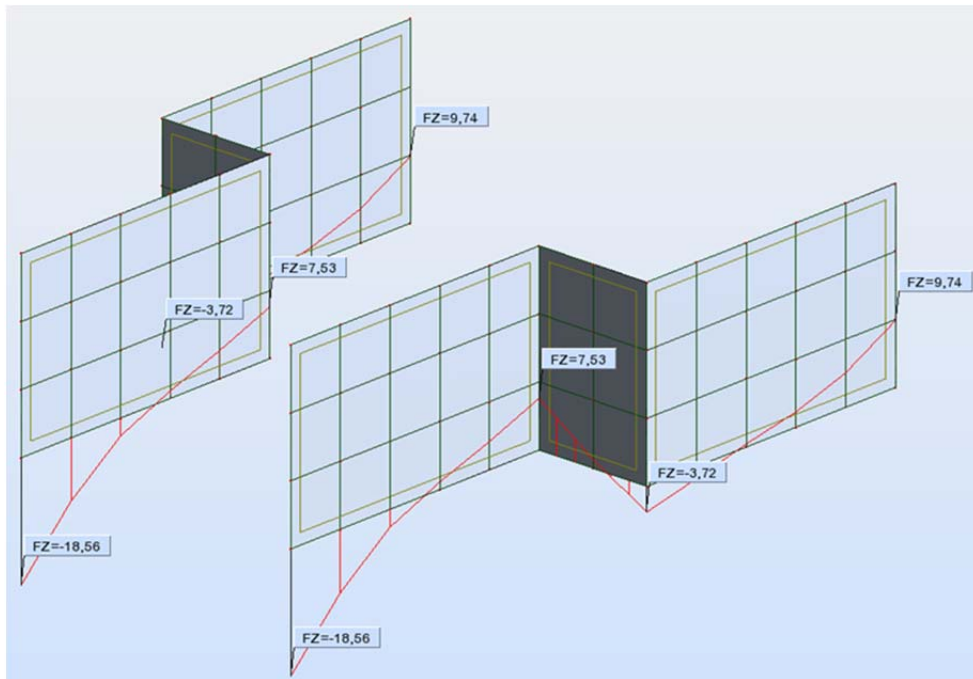
Momentista aiheutuva lisäkuorman tulisi olla  $\sigma = \pm M/W = (6 \cdot 67,5 \text{ kN/m}) / 5^2 = \pm 16,2 \text{ kN/m}$ , kun kerroksia on yksi. Kerroksien lisääntyessä, lisäkuorman tuli 2. kerroksisessa rakenteessa olla  $\sigma = \pm 48,6 \text{ kN/m}$ , 3. kerroksisessa  $\sigma = \pm 97,2 \text{ kN/m}$  ja 4. kerroksisessa  $\sigma = \pm 162 \text{ kN/m}$ . Lähelle näitä oikeanlaisia arvoja päästään vain, jos poikittaisia seiniä ei mallinneta ollenkaan, kuten näkyy kuvista 20, 22 ja 24. Kuvassa 18 näkee hyvin, miten etummaisesta saman jäykkyyden seinät ottavat enemmän kuormaa vastaan, kuin takana sijaitsevat saman jäykkyyden omaavat seinät, mutta mitä enemmän kerroksia rakenteeseen tulee, niin lukuarvot alkavat tasoittua kaikissa niissä malleissa, missä poikittaisia seiniä ei ole mallinnettu.

Silloin, kun poikittainen seinä on mallinnettu analyysimalliin, se laskee lisäkuorman arvoja jo tässä tapauksessa lähes 30 %. Tämän näkee vertailtaessa saman kerrosluvun omaavien rakennemallien tuloksia keskenään, esimerkiksi kuvat 24. ja 25. Mitä laajempi rakennus on kyseessä ja mitä enemmän poikittaisia seiniä esiintyy sitä suuremmaksi ero kasvaa ja näin ollen arvot menevät epävarmalle puolelle.

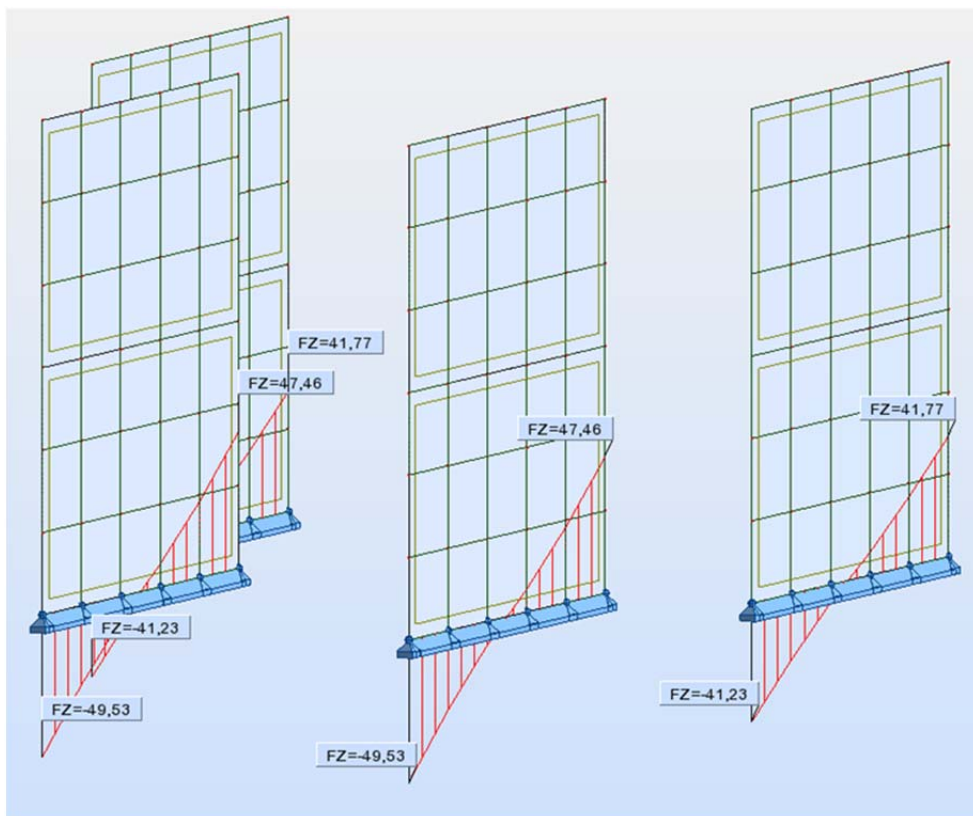


Kuva 18. Kuvan 16 kaltainen mallinnus, jossa yläpuolinen laatta on poistettu selvyiden vuoksi.

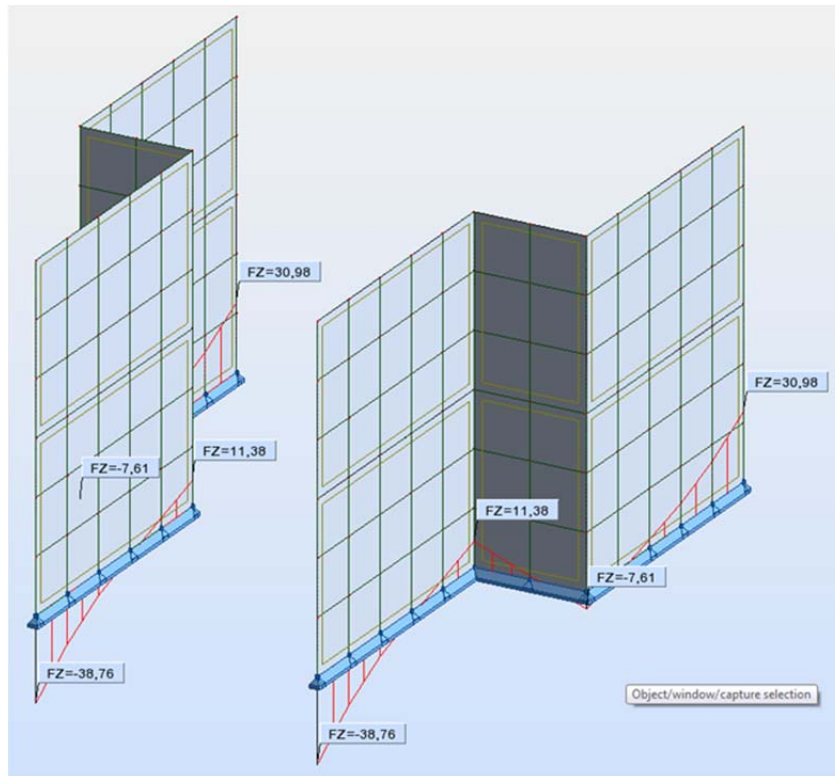




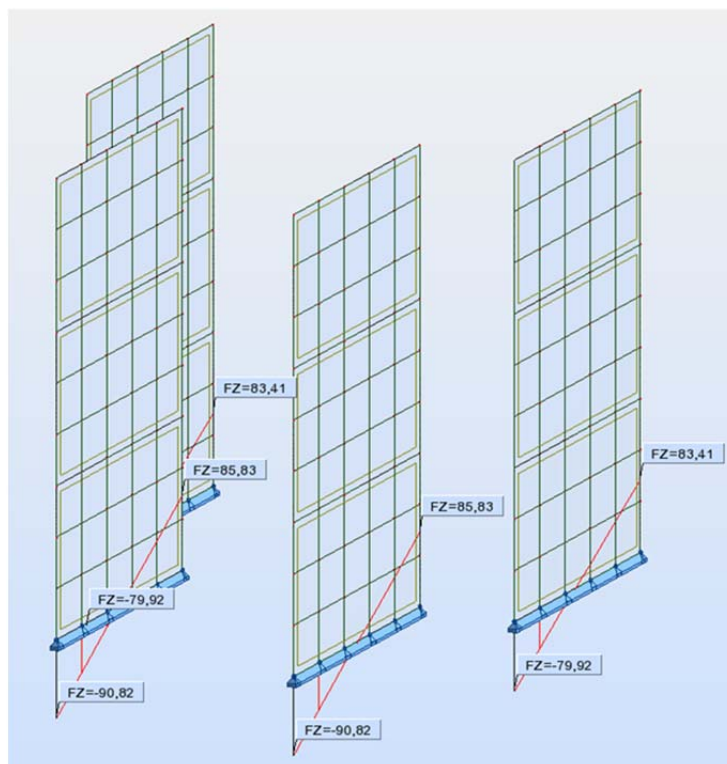
Kuva 19. Kuvan 17 kaltainen mallinnus analyysiohjelmassa.



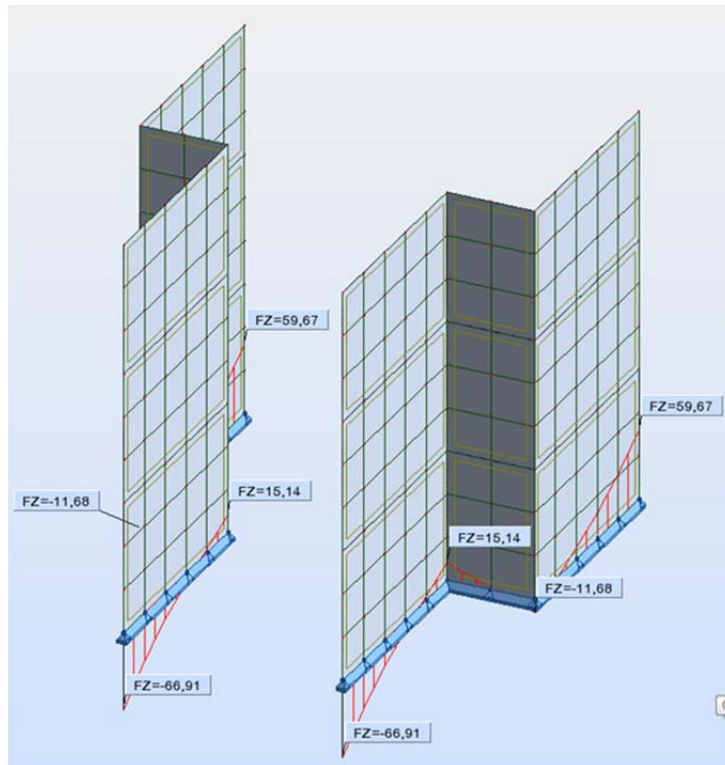
Kuva 20. 2. kerroksisen rakennuksen lisäkuormat vaakakuormasta, ilman poikittaisia seiniä.



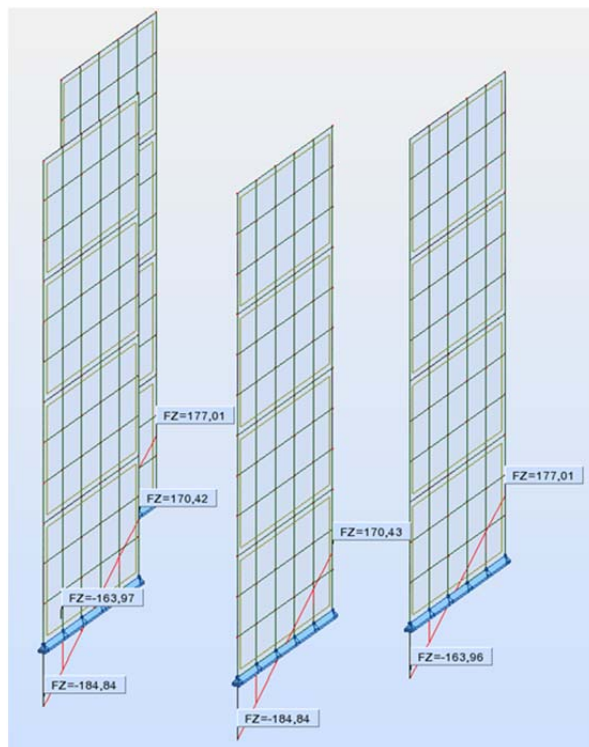
Kuva 21. 2. kerroksisen rakennuksen lisäkuormat vaakakuormasta, poikittaisilla seinillä.



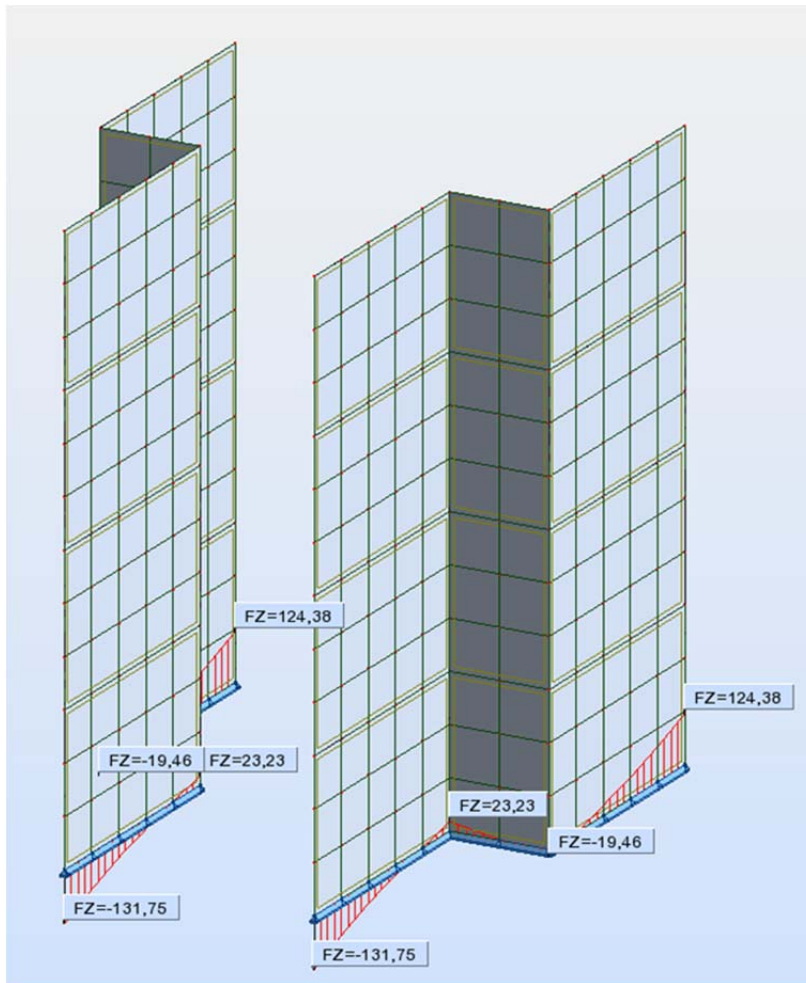
Kuva 22. 3.kerroksisen rakennuksen vaakakuormasta syntyneet lisäkuormat, ilman poikittaisia seinä.



Kuva 23. 3.kerroksisen rakennuksen vaakakuormasta syntyneet lisäkuormat, poikittaisilla seinillä.



Kuva 24. 4. kerroksisen rakennuksen vaakakuormasta syntyneet lisäkuormat, ilman poikittaisia seiniä.



Kuva 25. 4. kerroksisen rakennuksen vaakakuormasta syntyneet lisäkuormat, poikittaisilla seinillä.